

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI

FAKULTA TEXTILNÍ



Studijní program: N3108 Průmyslový management

Studijní obor: Produktový management - Textil

APLIKACE NOSITELNÉ ELEKTRONIKY A SIGNALIZACE NA ODĚVECH

APPLICATION OF ELECTRONICS AND SIGNALLING ON CLOTHING

KHT - 126

Vedoucí diplomové práce: Doc. Ing. Antonín Havelka, CSc.

Rozsah práce:

Počet stran textu83

Počet obrázků47

Počet tabulek6

Počet grafů1

Počet stran příloh10

Zadání

1. Zpracujte řešení týkající se smart oděvů a aplikace elektroniky
2. Navrhněte variantu aplikace LED diod a nositelné elektroniky na oděvech
3. Odkoušejte mobilní nositelnou elektroniku při podmínkách reálném nošení a údržbě
4. Navrhněte optimální upevnění signalizačních světel na oděvu

P r o h l á š e n í

Prohlašuji, že předložená bakalářská práce je původní a zpracoval jsem ji samostatně. Prohlašuji, že citace použitých pramenů je úplná, že jsem v práci neporušil autorská práva (ve smyslu zákona č. 121/2000 Sb. O právu autorském a o právech souvisejících s právem autorským).

Souhlasím s umístěním bakalářské práce v Univerzitní knihovně TUL.

Byl jsem seznámen s tím, že na mou bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č.121/2000 Sb. o právu autorském, zejména § 60 (školní dílo).

Beru na vědomí, že TUL má právo na uzavření licenční smlouvy o užití mé bakalářské práce a prohlašuji, že **s o u h l a s í m** s případným užitím mé bakalářské práce (prodej, zapůjčení apod.).

Jsem si vědom toho, že užít své bakalářské práce či poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem TUL, která má právo ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, vynaložených univerzitou na vytvoření díla (až do jejich skutečné výše).

V Liberci, dne 2. května 2012

Podpis.....

PODĚKOVÁNÍ

Rád bych touto formou poděkoval Doc. Antonínu Havelkovi, který mi po celou dobu poskytoval cenné informace a rady. Také za jeho čas, jež věnoval konzultacím méjí diplomové práce.

Poděkování patří také paní Haně Rulcové a panu Gerhardu Geislerovi, kteří mi pomáhali při výrobě prototypů signalizačních oděvů.

V neposlední řadě jsem vděčný rodině, bez jejíž finanční i morální podpory bych studium zvládal velice těžko.

ANOTACE

Cílem této diplomové práce je vytvořit oděv, v němž budou integrována signalizační světla a řídicí elektronika, jenž by měl sloužit jako bezpečnostní prvek pro cyklisty, v silničním provozu. Při výrobě je třeba postupovat tak, aby vzniklá struktura vydržela funkční během praktického používání a po údržbě.

Teoretická část je věnována smart textiliím, především nositelné elektronice. Jsou zde zobrazeny různé druhy komponentů, které lze integrovat do oděvu. Také jsou uvedeny různé produkty a aplikace, které dnes již existují.

V experimentální části je pak popsán postup při výběru vhodných komponentů, pro signalizační oděv. Další kapitoly se věnují výrobě jednotlivých prototypů, testování jejich odolnosti během nošení a odolnost konečného prototypu při praní v pračce.

Klíčová slova: smart textilie, signalizace, bezpečnost, cyklistika

ANNOTATION

The aim of this thesis is to create clothing with integrated signal lights and control electronics, which should serve as a traffic safety element for cyclists. The manufacturing process must be such so the structure remains functional and withstands maintenance.

The theoretical part is devoted to smart textiles, especially wearable electronics. Different kinds of components that can be integrated into clothing are mentioned here. There are also different types of products and applications listed here.

In the experimental part, there is selection of suitable components for signalling clothing described here. Other chapters are dedicated to the production of particular prototypes and testing their endurance when wearing and washing in a washing machine.

Key words: smart textiles, signaling, safety, cycling

Obsah

ÚVOD	111
ŘEŠERŠNÍ ČÁST	122
1. Smart textilie.....	122
2. Elektro – textilní platforma.....	133
3. Senzorika	144
3.1 Elektrody	155
3.2 Textilní tlakové senzory.....	166
3.3 Senzory z optických vláken	1818
3.3.1 Modulace intenzity světla.....	19
3.3.2 Spektrální optické senzory	200
3.4 Další typy senzorů	211
4. Textilní akční členy.....	222
4.1 Materiály s tvarovou pamětí.....	233
4.2 Termoregulační materiály	255
4.3 Luminiscenční a barvu měnící materiály	2728
4.3.1 Fotochromní materiály	2929
4.3.2 Termochromní materiály.....	300
4.3.3 Elektorochromní materiály.....	312
4.3.5 Zdroje světla	333
4.3.6 Led a Laser	344
5. Optická vlákna.....	356
5.1 Plastická, skleněná.....	3738
6. Komunikace	3838
6.1 Drátové spojení.....	3939
6.2 Bezdrátové spojení	411

7. Napájení.....	411
7.1 Solární články	423
8. Produkty a aplikace.....	445
8.1 Armáda, lékařství.....	445
8.2 Viditelnost a textilní displeje.....	467
8.3 Nositelné počítačové systémy, komunikace, zábava, volný čas	4849
9. Bezpečnost cyklistů.....	490
EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST.....	511
10. Hledání vhodné technologie pro osvětlení oděvu.....	522
11. Návrh použitých částí, které budou tvořit celý systém.....	534
11.1 Akční členy	544
11.2 Senzory.....	555
11.3 Ovládací procesorová část.....	556
11.4 Komunikace.....	566
11.5 Napájení	567
12. Způsob upevnění LED na oděv	577
12. 1 Tvorba kapes	5959
13. Tvorba vodivých drah	600
13.1 Vodiče	601
13.2 Vodivé stuhý.....	612
13.3 Vodivé nitě	623
13.4 Šití měděnými drátky.....	633
14. Možností propojení vodivých drah	634
14.1 Elektronické konektory	644
14.2 Druky	645
15. Řídící elektronika	656
15.1 Akumulátor.....	666
15.2 RF komunikace.....	667
15.3 Řídící obvod	6768

16. Prototyp č. 1.....	6969
17. Prototyp č.2.....	722
18. Prototyp č. 3.....	776
19. Údržba a praktické zkoušky	7979
20. Přímé náklady na výrobu jednoho kusu	832
21. Závěr	844
Použitá literatura.....	8888
Seznam obrázků, tabulek a příloh	944
Příloha č. 1	966
Příloha č.2.....	1000

Seznam použitých zkratk a symbolů

EKG -	elektrokardiogram
EMG -	elektromyogram
EEG -	elektroencefalogram
GSR -	galvanické kožní reakce
Ω/cm^2 -	ohm na centimetr čtverečný, elektrický odpor na jednotku plochy
$\text{k}\Omega/\text{cm}^2$ -	kilo ohm na centimetr čtverečný
Hz -	hertz, hlavní jednotka frekvence
3D -	tří dimenzionální prostor
UV -	ultrafialové záření
SSM -	shape memory material, materiál s tvarovou pamětí
PH -	vodíkový exponent, ukazuje kyselost, nebo zásaditost roztoku
SMA -	shape memory alloy, slitiny s tvarovou pamětí
SMP -	shape memory polymer, polymer s tvarovou pamětí
EAP -	electro active polymer, elektro aktivní polymer
NiTi -	slitina niklu a titanu
Na -	sodík
H ₂ O -	voda
PCM -	phase change materiál, materiál s fázovou přeměnou
Kj/kg -	kilojouly na kilogram, jednotka tepelné pohltivosti materiálu
K -	kelvin, základní jednotka teploty
LED -	light emitting diode, světlo emitující dioda
LD -	laser diode, laserová dioda
V -	volt, základní jednotka elektrického napětí
SMD -	surface mount device, součást pro povrchovou montáž
PMMA -	polymethylmethakrylát
POF -	plastic optical fibre, plastické optické vlákno
GSM -	global system for mobile communications, globální systém pro mobilní komunikaci
MP3 -	motion picture experts group 3, datový formát hudby
SMS -	short message service, krátké textové zprávy

UMTS -	universal mobile telecommunications system, univerzální mobilní telekomunikační systém
IEEE -	institute of electrical and electronics engineers, formát datového přenosu
ETSI -	european telecommunications standards institute, formát datového přenosu
WLAN -	wireless local area network, lokální bezdrátová síť
RF -	radio frekvenční přenos
PET -	polyethylen terephthalat
GPS -	global positioning system, globální družicový polohový systém
A/m -	ampér na metr, elektrický proud na jednotku délky
W/m -	watt na metr, příkon na jednotku délky
lm/m -	lumen na metr, jednotka svítivosti na metr
A -	ampér, základní jednotka elektrického proudu
PVC -	polyvinylchlorid
dTex -	jednotka jemnosti
Ω -	ohm, základní jednotka elektrického odporu
Ω /m -	ohm na metr, elektrický odpor na jednotku délky
USB -	universal seriál bus, univerzální sériová sběrnice
mAh -	miliamper hodina, kapacita akumulátoru
C -	coulomb, základní jednotka elektrického náboje
Kb/s -	kilobajty za sekundu, datová přenosová rychlost
dBm -	decibel na miliwatt, výstupní výkon vysílače
Tx -	transceiver, vysílač
Rx -	reciever, přijímač

ÚVOD

Oděv je součástí lidského života už od počátků jeho existence. Lidé nejdříve nosili kožešiny, listy rostlin a podobné, snadno dostupné přírodní materiály. Jak se vyvíjel člověk, docházelo i k vývoji oděvů a nároků na jejich funkci. Nejprve plnily funkci ochranou, později módní a estetickou. V dnešní době můžeme používat textil z přírodních i syntetických materiálů, různých barev a struktury. Oděvy mohou obsahovat funkční vlákna, která dokáží svojí konstrukcí účinně odvádět vlhkost, udržovat přijatelnou teplotu, nebo likvidovat nechtěné mikroorganismy. Dalším přirozeným vývojovým stupněm je integrace elektroniky, která může zajistit další posun v plnění nároků na jeho funkci. Takové struktury pak nazýváme smart textilie.

Jednou z oblastí, kde by mohly smart textilie najít své uplatnění, je pasivní bezpečnost v silničním provozu. Konkrétně ve zlepšování viditelnosti cyklistů, kteří mají navíc omezené možnosti signalizace a spoléhají se pouze na gesta. Velká část dopravních nehod cyklistů se stane právě v situacích, kdy je řidič automobilu na cestě přehlédne, nebo pozdě zaregistruje, když brzdí a odbočují. V těchto situacích by mohly pomoci nové výrobky s aktivním osvětlením.

Důvodem, proč se smart textiliemi zabývat, je i konkurenceschopnost našeho textilního průmyslu. Již několik let nejsme schopni, ve výrobě klasického oděvu, konkurovat zemím, které disponují velmi levnou pracovní silou. Způsobem, jak být na trhu úspěšný, je vývoj a výroba kvalitního, vysoce užitného zboží, které si získá své zákazníky po celém světě.

Předkládaná práce se věnuje v rešeršní části vysvětlení pojmu smart textilie, základnímu rozdělení a principům funkce jednotlivých platforem. Další část se podrobněji zabývá senzorikou, akčními členy, možnostmi napájení a komunikací ve smart oděvech. Také jsou popsány některé výrobky, které již dnes existují a je nastíněna možná budoucnost, kam se bude vývoj pravděpodobně ubírat. Závěr je pak věnován bezpečnosti silničního provozu z hlediska cyklistů.

Praktická část pak osahuje postup hledání vhodných komponent, pro signalizační tričko, testování různých druhů použitých součástí, postup jejich integrace do oděvu, zkoušení odolnosti při mechanickém namáhání a údržbě.

REŠERŠNÍ ČÁST

1. Smart textilie

Smart textilie jsou definovány jako textilní výrobky, které dokáží reagovat na podmínky okolního prostředí a podněty mechanické, tepelné, chemické, elektrické, magnetické, nebo světelné povahy. Takovéto struktury v sobě mohou obsahovat nové generace vláken, materiálů, elektroniku a další komponenty, které mají za úkol zlepšit jejich stávající funkčnost, nebo nabídnout zcela nové vlastnosti a využití. [1][2]

V praxi se využívá dělení na čtyři základní druhy:

1) Inteligentní materiály – v reakci na stav okolí mění svoje fyzikální, nebo chemické vlastnosti. Reakce na určitý stav je buď pevně daná vlastnostmi materiálu, nebo ji lze naprogramovat. Jako příklad lze uvést textilie měnící barvu, tvar, teplotu. [1]

2) Pasivní inteligentní textilie – obsahují senzory, které udávají informaci o zkoumané veličině. Neobsahují ale akční členy, kterými je možné vlastnosti textilu měnit. Většinou se jedná o čidla a indikátory stavu okolí.[3]

3) Aktivní inteligentní textilie – také obsahují senzory, které udávají informaci o zkoumané veličině, ale jsou opatřeny akčními členy, které díky signálům ze senzorů, mohou měnit vlastnosti textilie.[1]

4) Ultra inteligentní textilie – akční členy nereagují pouze na signál ze senzorů, ale je zde přítomna výpočetní jednotka, která umí přijaté signály vyhodnocovat. Poté, na základě svého rozhodnutí, akční členy dále řídit a tím se přizpůsobovat vnějším podmínkám. Snahou je napodobit funkci mozku. [3]

Typickým příkladem inteligentní textilie, dnešní generace, může být struktura, která obsahuje pět základních součástí – senzor, procesor, akční člen, komunikační jednotku a napájení. Tyto komponenty je pak nutné určitým způsobem propojit (kabel, vodivá dráha, bezdrátově). Senzor zasílá informace o snímané veličině do procesoru, který je vyhodnocuje a na základě svého naprogramování ovládá akční člen, který provede vybraný úkol. Skrze komunikační jednotku je pak možné zasílat data z textilie do jiného zařízení, což může sloužit například k diagnostice dat, nebo je skrze ni možné programovat a nastavovat různé parametry oděvu. Většina součástí potřebuje ke své funkci stejnosměrný elektrický proud, což zajišťuje napájecí člen.[1]

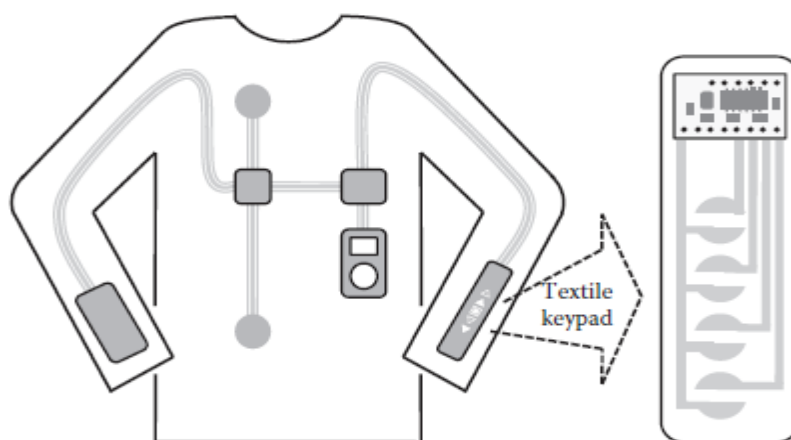
2. Elektro – textilní platforma

Myšlenkou, zakomponovat do textilu elektroniku, se lidé začali zabývat teprve na konci minulého století, kdy až dostatečná miniaturizace elektronických zařízení dovolila jejich implementaci do textilních struktur. Vývoj je ale stále na začátku, snahou je lépe integrovat elektronické součásti, aby nesnižovaly komfort nošení oděvů, nahrazovat velké množství kabeláže sofistikovanějšími propojeními, zajistit takové mechanické vlastnosti, které odolají namáhání při běžném používání a umožnit bezproblémovou údržbu. Zatím se s takovými oděvy běžně nesetkáváme na pultech obchodů, ale první funkční výrobky již získávají své úspěchy a řada funkčních prototypů dává jistotu, že se v budoucnu stane elektronika běžnou součástí oděvů a textilií. [2][4]

Aby mohly elektronické komponenty fungovat společně s textilem a tvořit tak funkční oděvní výrobek, musí existovat platforma, která definuje infrastrukturu propojení těchto dvou částí. Základní rozdělení definuje mikro platformu a makro platformu. [3]

Mikro platforma – elektronické komponenty jsou propojeny v malé ploše, jedná se většinou o subsystémy, které mají podobu tištěných obvodů. Tato platforma nemá velký vliv při návrhu oděvu, protože zabírá jen jeho malou část. [3]

Makro platforma – propojení více elektronických subsystémů, které se nacházejí daleko od sebe, v celém oděvu. Proto je třeba vytvořit kanály, které zajistí jejich funkci a komunikaci. Platformě je tedy třeba přizpůsobit celý výrobní proces, od výběru materiálu, návrhu výrobku, spojování až po dokončovací práce. [3]



Obr. 1 Makro platforma a mikro platforma ve formě textilní klávesnice [3]

3. Senzorika

Senzor je zařízení, které převádí určitou vlastnost snímaného objektu na signál, který jsme schopni dále zpracovávat a vyhodnocovat. Sledované vlastnosti se většinou převádějí na elektrický signál, nebo další dobře reprodukovatelné veličiny. Hlavním úkolem senzorů je tedy být zdrojem informací pro řídicí systém. Parametry, podle kterých posuzujeme jejich vlastnosti, jsou citlivost, práh citlivosti, dynamický rozsah, reprodukovatelnost a chybovost. Typy senzorů můžeme rozdělit podle měřené veličiny, fyzikálního typu, styku s prostředím, nebo stupně integrace. Například podle snímané veličiny dělíme na fyzikální, chemické, biologické a elektrické. [3][4]

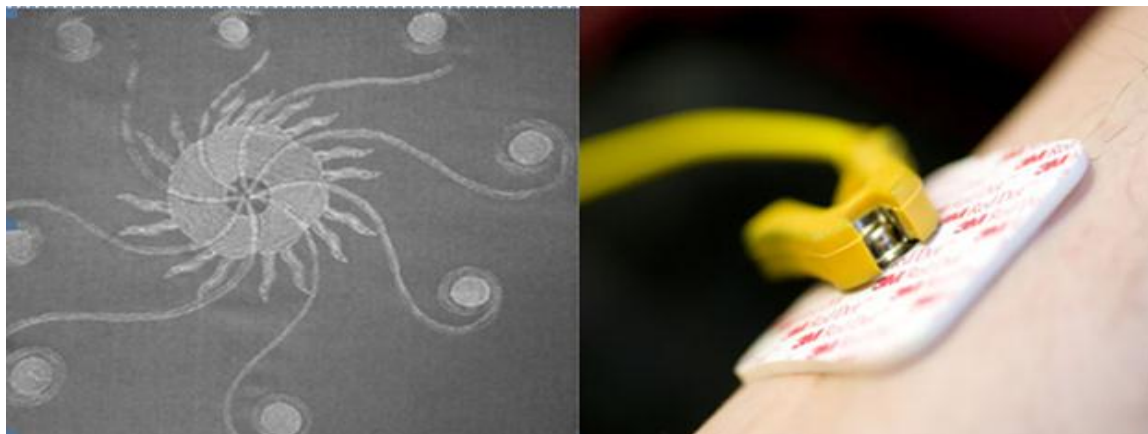
Oděvy mohou být ve styku s tělem 24 hodin denně. Proto jsou ideálním nosičem senzorů, které mohou snímat námi zvolené veličiny, aniž by významným způsobem obtěžovaly nositele. Na lidském těle můžeme měřit biomedicínské signály, nebo vlastnosti prostředí, které je v kontaktu s povrchem kůže. Biomedicínské senzory měří veličiny, jako je tělesná teplota, dýchání, puls, krevní tlak, krevní plyny, gesta, EKG, EMG, EEG a GSR. Čidla pro měření prostředí sledují plyny, teplotu, vlhkost, světlo, ultrafialové záření, akustické signály atd. [5][6]

Všechny vypsané vlastnosti lze měřit jednorázově v lékařských zařízeních, nebo doma pomocí specializovaných přístrojů. Ale jednorázové měření mnohdy neukazuje objektivní informaci, kterou lze získat jen během celého běžného denního cyklu. Jako příklad lze uvést krevní tlak, který se může mnohým pacientům zvýšit jen díky stresu z přítomnosti lékaře. Senzor, kterým lze krevní tlak snímat po celý den, ukáže jeho závislost na jednotlivých fázích denního cyklu, fyzické námaze, psychickému stavu apod. Tato informace je mnohem objektivnější a pomůže v lepší diagnostice. Podobné komplexní informace, při monitorování těla na tréninku, mohou být i efektivním nástrojem pro zlepšení výkonů sportovců. Dále lze získávat online informace o stavu lidí, kteří pracují ve fyzicky náročném a nebezpečném prostředí. Díky včasné diagnostice může být ochráněno například zdraví hasiče, který se ocitne ve stavu těsně před kolapsem. Je možné najít mnoho dalších aplikací, ale i z těchto příkladů je jasný fakt, že zabudovaná senzorika v oděvu má svoje opodstatnění a nabízí do budoucna neocenitelné služby. [5][7]

3.1 Elektrody

Měření signálů EKG, EMG, EEG a GSR je prováděno v lékařských zařízeních pomocí elektrod, které jsou v přímém kontaktu s kůží. Elektrody je při použití nutné namazat kontaktním gelem, kvůli snížení elektrického odporu a lepšímu přilnutí k pokožce. Pro použití v textiliích je ale použití gelů vyloučené. Proto bylo nutné hledat jinou alternativu, což vyústilo ve vyvinutí suchých elektrod a elektrod s kapacitní vazbou. Tyto senzory jsou vyráběny z materiálů, které nepotřebují k přenosu signálu, z povrchu lidského těla, vodivý gel. Je využito vodivých kaučuků, postříbřené polymerní pěny, pokovených tkanin, materiálů z vodivých vláken a vodivých polymerů. [7]

Při tvorbě suchých elektrod, pro inteligentní textilie, je třeba brát ohled na impedanci lidské kůže. Impedance je komplexní veličina, která popisuje elektrický odpor a fázový posun napětí vůči proudu, při průchodu střídavého proudu. Ta se u lidské kůže pohybuje, v závislosti na mnoha faktorech, mezi $200 \Omega/\text{cm}^2$ až $93 \text{ k}\Omega/\text{cm}^2$, při 60Hz. Vhodný senzor by pak měl mít co největší elektrickou vodivost. Materiály s malou vodivostí jsou náchylné na rušení a výsledný signál může být značně zkreslen. Dále by měly být elektrody dostatečně flexibilní, aby dobře držely na těle, nezhoršovaly komfort při nošení a nezpůsobovaly falešné signály při pohybu. Ohled musí být brán i na použitý materiál, jelikož některé látky mohou způsobit bolest a nepříjemné reakce pokožky. Při nošení by pak měl být na senzor vyvíjen dostatečný tlak, aby dokonale přilnul ke kůži. V opačném případě pak hrozí rušení posunem po kůži, popřípadě zvukovými a rádiovými vlnami. Tlak je zajišťován různými pásy, popruhy, nebo zvolením těsného oděvu, což ale může mít špatný dopad na komfort nošení. [3][6]



Obr. 2 Elektrody a) suchá v textilií b) pro přímý kontakt s kůží [3]

Suché elektrody ale nemusí být využity jen k získávání signálů. Zkoumá se možnost jejich využití v rehabilitační terapii, kdy je skrze ně vysílán do těla slabý elektrický proud. Tato metoda se nazývá funkční elektrická stimulace. Na rozdíl od klasických elektrod s gelem, může být její použití dlouhodobější a mobilní. Zatím ale způsobuje problémy nerovnoměrné přilnutí elektrod ke kůži, což má za následek průchod proudu jen malými částmi kůže, kde je nejnižší impedance. To má za následek lokální zvýšení teploty v těchto místech.[3][5]

Pro měření EKG je možné využít elektrody s kapacitní vazbou. Jedná se o bezkontaktní měření, takže elektroda může být umístěna na textilií, aniž by byl nutný přímý kontakt s pokožkou. Další možností je přímo všít, nebo vytkat elektrodu do textilie, pomocí vodivých vláken. Nenastává tím snížení oděvního komfortu, senzor se dokonale stane součástí oděvu, takže tato metoda měření se hodí přímo pro použití v inteligentních textiliích. Elektrody s kapacitní vazbou je možné využít i jako dotykové senzory, kdy po kontaktu s prstem změní svojí kapacitu a vydají určitý signál. Tohoto lze využít například při konstrukci textilních klávesnic.[7]

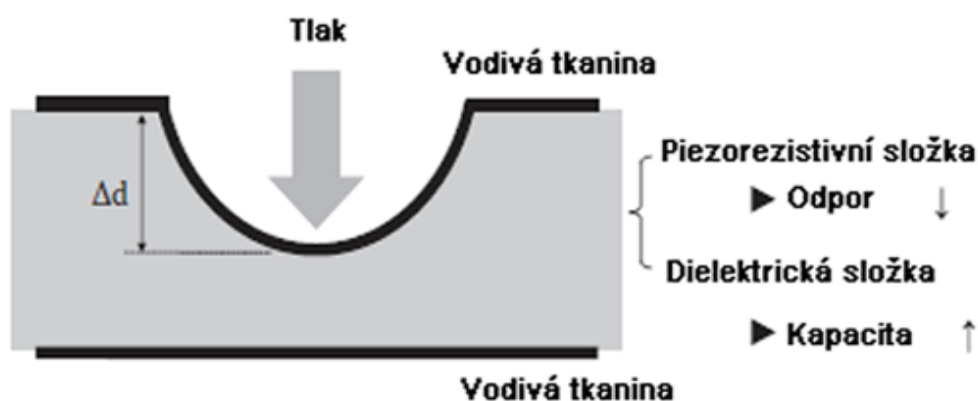
3.2 Textilní tlakové senzory

Tlak je fyzikální veličina, která nás neustále provází. Můžeme měřit tlak okolního vzduchu, vody, krve nebo jej zpracovávat do jiných sekundárních fyzikálních veličin, jako je například hmotnost. Snímače tlaku také mohou sloužit jako vypínače, klávesy a ovladače. Běžně se setkáváme s mechanickými tlakovými snímači, tenzometry, polovodičovými, nebo piezoelektrickými snímači. Některá tato zařízení je možné upravit pro použití v textiliích, jiná není možno adaptovat. Snahou je vyvíjet zcela nové tlakové senzory, které jsou vhodné pro integraci do oděvu a nebudou narušovat komfort. Z textilních struktur je možné vytvářet piezorezistivní snímače, kapacitní snímače tlaku, nebo snímače z pružných plastových optických vláken. [3]

Nejjednodušším způsobem, jak vytvořit tlakový snímač na textilií, je tisk speciální pasty na tkaninu. Pasta se může skládat z piezorezistivní látky, s vodivým polymerem, nebo z elastomeru, s příměsí kovových částic. Takový snímač dokáže zaznamenat velmi malé změny tlaku, které mohou být způsobeny i lehkým třením. Dalším způsobem

tvorby senzoru je připevnění tenkého, pružného piezoelektrického materiálu. Tyto dvě řešení mají rozdílný princip funkce. Piezorezistivní senzory převádějí deformaci na změnu elektrického odporu, který je v dalším procesu převeden na změnu elektrického potenciálu. Piezoelektrické senzory jsou složeny z materiálu, který při deformaci vytváří elektřinu, takže je možné jejich přímé vložení do analogových obvodů. [3][8]

Další početnou skupinu tlakových senzorů tvoří kapacitní snímače, které fungují na principu kondenzátoru. Ty se skládají ze dvou vodivých destiček, na které je přivedeno napájení. Obě destičky jsou odděleny dielektrikem, jehož úkolem je dočasně zachovat elektrický náboj. Kapacita je přímo úměrná permitivitě a ploše každé destičky, nepřímo úměrná jejich vzdálenosti. Adaptací tohoto principu je tvorba 3D textilní vrstvy, která je ze dvou protilehlých stran opatřena vodivým materiálem, který je oddělen textilním izolantem. Na vodivé vrstvy musí být připojeno napájení. Při působení kolmého tlaku, na tuto strukturu, dochází ke změnám vzdálenosti vodivých vrstev a tím i ke změně kapacity. Takové senzory jsou natolik citlivé, že dokáží reagovat změnou kapacity i na okolní zvuky, jež svými vlnami dokáží měnit vzdálenost vrstev. Proto je nutné pro každou aplikaci najít vhodný materiál, velikost a tvar senzoru. [3][8]

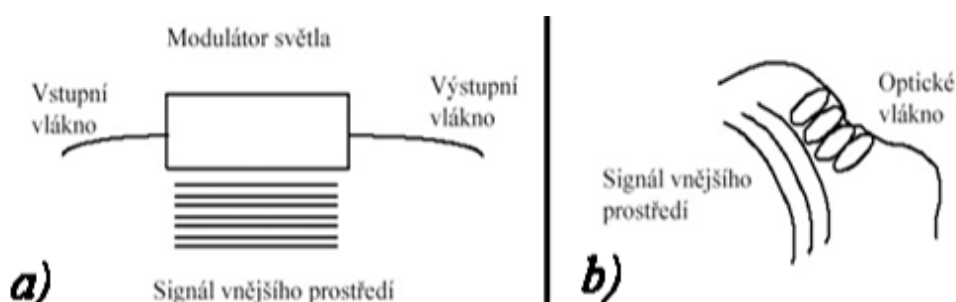


Obr. 3 Schéma textilního tlakového senzoru [3]

3.3 Senzory z optických vláken

Senzory z optických vláken dokáží měřit změny akustické, elektrické, magnetické, mechanické i tepelné povahy. Proto jich lze využít i při měření některých vlastností na lidském těle. Jejich výhodou jsou mechanické vlastnosti, které se blíží vlastnostem vláken, použitých při výrobě textilií, takže nenastává výraznější problém s kompaktností celé struktury. Toho se hlavně využívá při integraci do struktur textilních kompozitních materiálů. Optická vlákna nevytváří teplo, nepotřebují elektrickou izolaci, nevadí jim vlhkost, ani nejsou zdrojem elektromagnetického záření. Na jednom vlákně lze získávat hodnoty po celé jeho délce, v několika různých bodech, nebo pouze v jednom bodě. Na jednom optickém vlákně tedy může být více multiplexních čidel, čehož lze dosáhnout použitím různých vlnových délek, frekvence, času, polarizace světla. Lze tak tvořit dvourozměrné, nebo třírozměrné distribuované systémy snímání. Za nevýhody se dá považovat nižší pevnost, náchylnost na mechanické poškození a tím zvyšování útlumu procházejícího světla, popřípadě následné obtížné opravy vzniklých defektů. [8][9]

Principem funkce vláknových optických senzorů je modulace světla, které vychází z vysílače a putuje do přijímače. Můžeme je rozdělit na vnější a vnitřní. Vnější vláknové senzory se skládají z optického vlákna, které je přivedeno do modulátoru světla a vlákna, které z něj vystupuje. Modulátor mění, na základě změn vnějších vlivů, vlastnosti procházejícího paprsku, který pak dává do procesoru signál o změně. Vnitřní vláknové senzory neobsahují modulátor, skládají se pouze z optického vlákna, kterým prochází světlený paprsek. Paprsek je v měřeném místě modulován působením vnějšího prostředí na vlákno. [9][10]



Obr. 4 a) Vnější vláknový senzor b) Vnitřní vláknový senzor [10]

3.3.1 Modulace intenzity světla

Vibrační, šterbinový se zrcadlem

Princip funkce je založen na vyzařování světla z jednoho vlákna, které je zachytáváno druhým vláknem. Pokud dojde ke změně vnějších vlastností, například tlaku, změní se zachycené množství světla a tím je detekována změna. Příkladem může být vibrační senzor, kde jsou proti sobě umístěna dvě optická vlákna, z nichž jedno vyzařuje světlo a je namířené na protilehlé. Druhé vlákno má za úkol vyzářené světlo zachytit, na což má vliv vzdálenost mezi vlákny a jejich vzájemné nasměrování. Variací tohoto principu je použití ohebného zrcadla, kdy jsou vlákna umístěna paralelně a zrcadlo odráží paprsek vyslaný z jednoho vlákna, do druhého. Tlakem může být zrcadlo posouváno, tím se mění efektivní vzdálenost mezi vlákny a intenzita světla je modulována.[10][11]

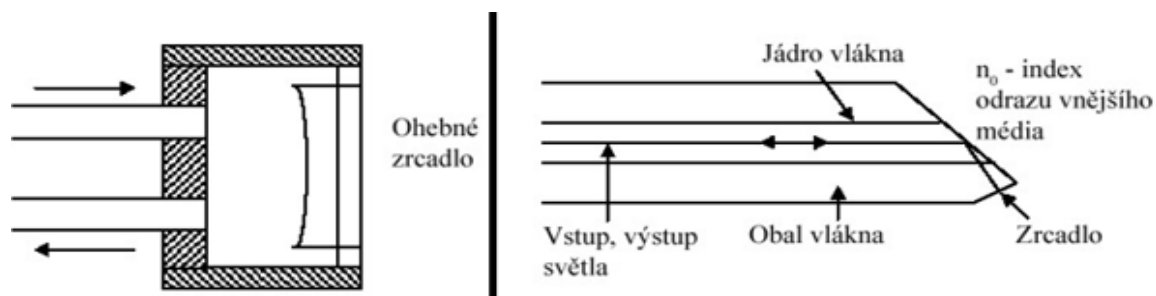
Senzory s totálním vnitřním odrazem

Senzor je tvořen optickým vláknem, které je na konci zešíkmeno. Pokud je takovéto vlákno umístěno do prostředí, s dostatečně malým indexem lomu, dojde k odrazu všech paprsků zpět do vlákna. Pokud je vloženo do prostředí s dostatečně velkým indexem lomu, dojde k průchodu části paprsků do prostředí a tím se moduluje intenzita vracejícího se světla. Princip funkce je založen na totálním vnitřním odrazu.[9][10]

Mikro ohyb

Každé optické vlákno má kritický úhel ohybu, kdy při překročení kritického úhlu dojde k úniku části záření do okolí. Pokud tedy dochází k různým mikro ohybům, dochází ke ztrátám a moduluje se intenzita procházejícího světla. Využití lze najít u tlakových senzorů, měření vibrací a dalších mechanických veličin.[10]

Samozřejmě existují i další variace pro modulaci intenzity v optickém vlákně, příkladem mohou být senzory založené na prchání světla, mřížkové, multiplexingové senzory atd. [9]

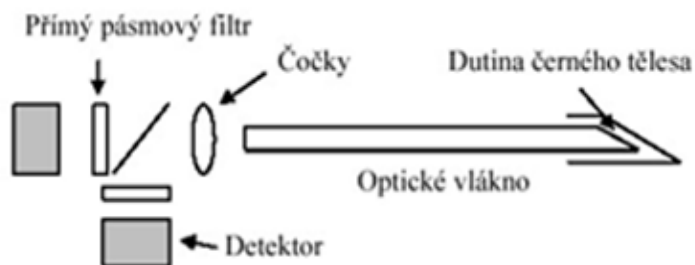


Obr. 5 Senzory z optických vláken a) štěrbinový senzor b) s totálním vnitřním odrazem [10]

3.3.2 Spektrální optické senzory

V těchto typech senzorů jsou světelné paprsky, procházející vláknem, modulovány vlivem okolního prostředí. Pracují na principu fluorescence, záření černého tělesa, absorpce, etalonu, nebo rozptylu mřížky. Umožňují měření teploty, viskozity, vlhkosti, měření pro medicínské aplikace, chemická měření atd. [9][10]

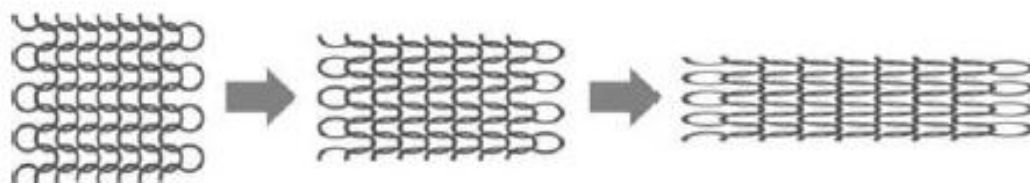
Jako příklad lze uvést senzor pracující na principu záření černého tělesa. V něm je optické vlákno umístěno v dutině černého tělesa. Při zvýšení teploty se těleso začne chovat jako zdroj světla a vyzařuje do vlákna. Na konci vlákna je umístěn přímý pásmový filtr a detektor, který určuje profil křivky černého tělesa v závislosti na teplotě. Vhodné je použití pro měření teploty, přičemž je toto zařízení nejefektivnější pro měření od teplot 300°C a výše. [10]



Obr. 6 Záření černého tělesa [10]

3.4 Další typy senzorů

Z textilních struktur je možné vytvořit i pohybové senzory. Při působení síly na textilií dochází k její deformaci. Pokud je část textilie tvořená vodivými vlákny, je možné tuto deformaci převést na měřitelnou hodnotu, kterou lze získat ze změn v elektrickém obvodu. Takových senzorů je možné využít v oblasti kolen a ostatních kloubů, kde při pohybu dochází k značnému deformování přilehlých částí oděvu. Příkladem mohou být zátažné pleteniny, v nichž jsou některé řádky oček tvořeny vodivou přízí, kterou protéká elektrický proud a je na ni měřen elektrický odpor. Pokud dojde k deformaci, jednotlivá oka se horizontálně protáhnou, sníží se vzdálenost mezi jednotlivými závity příze, dojde k jejich přiblížení a odpor klesne. Očka se při velké deformaci také mohou vzájemně dotknout, což vede k průtoku proudu místy dotyku, čímž se v podstatě zkrátí dráha průchodu a odpor se opět výrazně změní. Tímto způsobem je pak možné zaznamenat pohyb.[3]



Obr. 7 Pohybový senzor, deformace vodivé pleteniny [3]

Výzkum v oblasti textilní sensoriky je stále na začátku. V dnešní době je vyvíjeno mnoho dalších způsobů, jak implementovat tyto součásti do oděvů. Příkladem může být výzkum pružných desek tištěných spojů, do kterých je možné připojit miniaturní sensorické čipy. Tyto desky jsou sice stále od dost tužší, než běžná oděvní textilie, ale jejich implementace do oděvů, oproti klasickým tištěným obvodům, je mnohem snadnější. Také miniaturizace termočlánků došla do takové fáze, že je možné jejich zatčení do tkaniny, což umožní měření tělesné teploty pomocí oděvu.[1][3]

4. Textilní akční členy

Akční člen je tou součástí inteligentní textilie, která vytváří, na základě příkazu řídicího členu, určitou činnost. Podobné zařízení najdeme například u elektrických strojů, kde je akčním členem elektromotor, který na základě příkazu přetváří elektrický proud na mechanický pohyb. Druhým typem textilních akčních členů jsou inteligentní materiály, které nejsou ničím řízeny, ale na základě změny okolního prostředí mění i svoje vlastnosti. Akční člen je tedy výstupní zařízení, které přímo ovlivňuje vlastnosti oděvu a je zodpovědné za jeho funkci. Můžeme je rozdělit podle následujících kritérií: [1][3]

Stimulace

- **Smysly:** zrak, sluch, čich, hmat
- **Informace:** znamení, výstražný text, grafika
- **Energie:** topení, chlazení, zvýšení svalové funkce, stimulace elektřinou a světlem

Služby

- **Znalosti:** pomoc paměti, vědomí kontextu, poskytování informací a znalostí
- **Komunikační služby:** výměna myšlenek a názorů, přístup k sociálním sítím a mediálním službám
- **Zdravotní a bezpečnostní služby:** zachování zdraví, léčení nemocí, pomůcky pro tělesné funkce, varování, diagnóza, detekce nemocí
- **Emocionální služby:** nabídnutí příjemného a komfortního prostředí podle emočního stavu

Dalším kritériem, rozdělení akčních členů, může být způsob jejich pohonu a ovládání, jež rozlišujeme na aktivní a pasivní.

Aktivní – funkce je ovládána pomocí řídicího systému a energie je dodávána z externího zdroje, která je většinou ve formě elektřiny. V průběhu používání může uživatel oděvu řídit jejich funkci, nebo lze naprogramovat reakce, v závislosti na okolním prostředí. Pro svůj chod potřebují externí zdroj elektrické energie. [3]

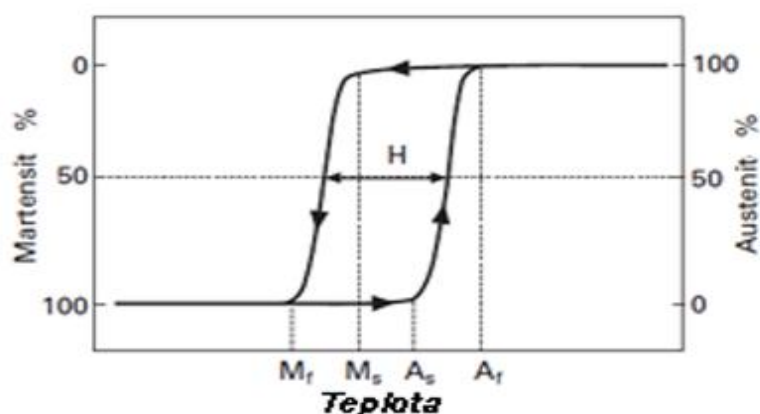
Pasivní – jedná se o materiály, které reagují na změny v okolním prostředí, aniž by byl k dispozici externí zdroj energie. Pro svojí funkci používají energii, kterou sami získávají z prostředí, ve kterém se nacházejí. Tyto akční členy nelze v průběhu používání řídit, jelikož obsahují svůj vlastní program, který reaguje na okolí. Pasivním materiálem může být například polymer s tvarovou pamětí, který dokáže rozšířit otvory pro větrání, pokud stoupne teplota okolí. [3]

4.1 Materiály s tvarovou pamětí

Materiály s tvarovou pamětí (SMM) jsou souborem materiálů, které dokáží díky vnějším podnětům měnit svůj tvar a mechanické vlastnosti. Tvar, kterého má být dosaženo po reakci, může být předem určen, přičemž k vyvolání zapamatovaného stavu je potřeba určitého podnětu a energie. Materiály rozlišujeme podle toho, jaký podnět změnu vyvolá. Nejčastěji jsou využívány termoaktivní a elektroaktivní látky, mezi další spouštěcí podněty patří magnetické pole, hodnota PH, ultrafialové záření, nebo voda. Materiál pak dokáže změnit nejen svůj tvar, ale i tuhost, vlastní frekvenci, tlumení, tření, propustnost pro páry, polohu a napětí. Využito může být kovů, polymerů, keramiky, nebo gelů. Do skupiny materiálů, které reagují na teplo, patří slitiny s tvarovou pamětí (SMA) a polymery s tvarovou pamětí (SMP). Jejich tvarová stabilita je dána rozmezím určitých teplot, kdy při překročení stanovené hranice dojde ke změně tvaru. Některé materiály mohou mít takových hranic i víc. Látkami, které reagují na elektrickou energii, jsou elektro aktivní polymery (EAP), které díky změnám v elektrickém poli dokáží změnit svůj tvar. Reakce může být vyvolána i velmi malým elektrickým napětím.[1][8][12]

Slitiny s tvarovou pamětí jsou směsí dvou kovů, které různě reagují na teplo a je možné předem „naprogramovat“ jejich tvar. Základní charakteristikou je aktivační teplota, při níž se výrazně mění mechanické vlastnosti směsi. Pod aktivační teplotou (M_f) jsou takové materiály poddajné, lehce se ohýbají, natahují, nebo jinak mechanicky deformují. Tuto fázi nazýváme martenzitickou. Po překročení této teploty (A_f) zapůsobí síly, které vrátí slitině předchozí tvar, zvýší svojí pevnost a tuhost. Fázi nazýváme austenitickou. Samozřejmě se mechanické vlastnosti nemění skokově, ale podél

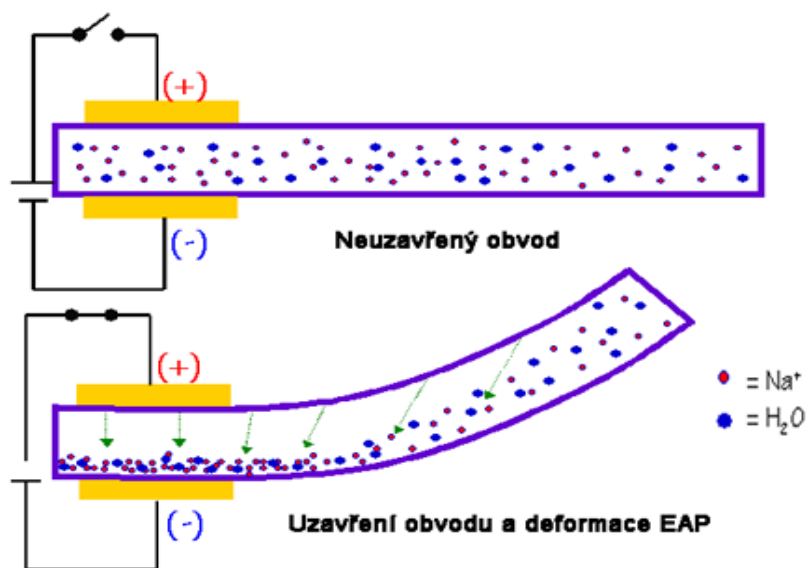
aktivační teploty existuje interval postupné změny stavů a přechod vykazuje určitou hysterezi ($M_s - A_s$). Příkladem materiálu s tvarovou pamětí, může být slitina niklu a titanu (NiTi), kde je možné upravovat aktivační teplotu změnou poměru těchto složek. Na stejném mechanismu fungují i polymery s tvarovou pamětí. Jejich výhodou, oproti kovům, je lepší kompatibilita s textiliemi. Směsi se mohou skládat například ze styrenu, butadienu a polyethylenu, nebo tereftalátu a polyetylen oxidu, popřípadě jiných kombinací polymerů. [1]



Obr. 8 Teplotní přechody v NiTi materiálu [1]

Velmi zajímavým druhem jsou také elektroaktivní polymery a gely. Elektřina je nejvhodnějším médiem a zdrojem energie, pro řízení reakcí SMM. EAP mají, ve srovnání se slitinami, mnohem rychlejší odezvy a dokáží mnohem více snížit svoji hustotu. Nevýhodou je ale jejich nízká mechanická odolnost. Obecně lze rozdělit EAP do dvou kategorií – elektronické a iontové. Elektronické využívají Coulombových sil při připojení stejnosměrného napětí. Iontové se skládají ze dvou elektrod a elektrolytu, přičemž fungují díky difúzi iontů. Největší potenciál skýtá využití těchto materiálů v robotice a biomechanice, kde mohou zastávat funkci umělých svalů, jejichž vlastnosti a funkce by byly nerozeznatelné od svalů biologických.[8][12]

Komerčních úspěchů dosáhly SMM nejvíce v bioinženýrství a biomedicině, ale svoje uplatnění začínají nacházet i v automobilovém průmyslu a letectví, seismických aplikacích, telekomunikacích, nebo v textilní a oděvním průmyslu.[8]



Obr. 9 Deformace EAP po uzavření elektrického obvodu. [13]

4.2 Termoregulační materiály

Správná regulace teploty a vlhkosti na lidském těle, patří mezi jednu nejdůležitějších funkcí oděvů. Pokud některá z těchto vlastností překročí určitou hranici, člověk se cítí nepohodlně. Snahou je vyvíjet takové materiály, které reagují na změny v okolním prostředí a dokáží udržet stav, při kterém se člověk cítí pohodlně. Pokud nahlédneme na tuto problematiku z hlediska inteligentních textilií, můžeme k ní přistoupit ze dvou směrů. První možností jsou materiály, které zlepšují tepelný komfort pomocí změny svých termoizolačních vlastností a prodyšnosti. Druhou možností je použít oděvy, které samy vyzařují teplo, popřípadě chladí.[3]

V současné době se nejvíce zkoumá aktivní forma vytápění. Jedná se možnost umístění topných segmentů do oděvů, které pracují na principu joulova tepla, jež je generováno při průchodu elektrického proudu vodičem, s určitým odporem. Zatím se hledají vhodné materiály pro topné segmenty a způsob jejich napájení, protože akumulátory se kvůli svojí malé kapacitě rychle vybíjejí. Topné těleso lze vytvořit pomocí plochého plátku vodivého materiálu, nebo jako soustava slabých drátků. V oděvu můžou být také drátky ve formě vodivých nití, nebo kovových vláken. Důležitým předpokladem je měkkost a flexibilita takových elementů, aby nesnižovaly

komfort a odolnost při praní. Ohled je také třeba brát na bezpečnost, jelikož by mohlo při poškození dojít k výraznému zvýšení teploty, nebo dokonce vzplanutí oděvu.[3][8]

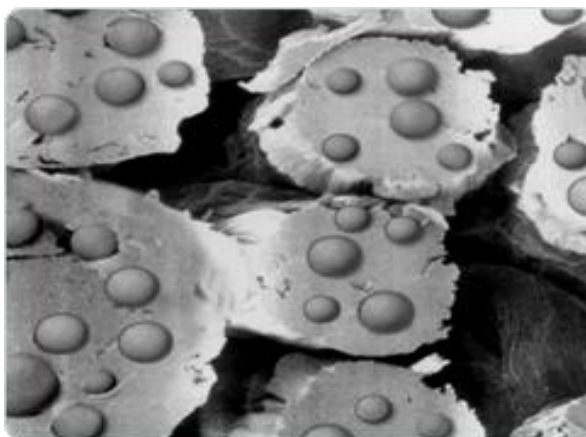


Obr. 10 Vyhřívaná motorkářská bunda od firmy Harley Davidson

a) bunda b) pohled termokamerou při vytápění [14]

Jinou možností je použití materiálů s fázovou přeměnou (PCM). Regulace teploty je prováděna díky absorpci a následném vydávání tepla. Každý materiál dokáže při zahřívání absorbovat teplo a následně ho vydat do prostoru. Pro ukládání a uvolňování tepla je využito chemických vazeb. Běžná textilie pohltí teplo 1 kJ/kg, při vzrůstu své teploty o 1 K. PCM při zahřívání zvyšuje svoji teplotu až do bodu tání. Po jeho dosažení snižuje svoji krystalinitu a tím kumuluje teplo, aniž by došlo k dalšímu zvyšování teploty samotného materiálu. Stav, kdy při ohřívání materiál nezvyšuje svoji teplotu, trvá dokud nedojde k plnému roztání. Při takovéto změně skupenství je zadrženo takzvané latentní teplo. Po odstavení od zdroje tepla zůstane PCM v tekuté podobě. Pokud ale dojde k jeho ochlazení a teplota klesne na bod krystalinity, nastane vydání nashromážděného latentního tepla. Například parafín, který je typickým zástupce PCM, dokáže přijmout při svém tavení energii 200 kJ/kg a při dosažení krystalizační teploty tuto energii vydat zpět. Pokud bychom chtěli od textilie, aby přijmula takové množství energie, musela by její teplota stoupnout o 200K. Mezi další materiály, které je možné použít, patří vosky, nebo síran sodný. Teplotní rozsah je určen teplotou krystalizace materiálu. Pro textilní průmysl by bylo možné takovéto funkce docílit pomocí mikroenkapsulace, kde by PCM tvořil malé kapsle uvnitř vláken textilie. Kapsle musí být odolné při oděru, tlaku, vysokým teplotám a různým druhům chemikálií. Funkce takového oděvu by pak byla závislá na termodynamických vlastnostech PCM a jeho množství v oděvu. Je vhodné mít

materiál, jehož teplota krystalizace vytvoří vhodnou teplotu uvnitř oděvu a zajistit jeho co největší množství ve vláknech, jelikož se vzrůstajícím množstvím PCM vzrůstá i tepelná kapacita. Vhodnou kombinací by byla například kombinace akrylových vláken a enkapsulovaného parafínu. [8][12]



Obr. 11 Enkapsulovaný materiál ve vláknech od firmy Outlast [15]

Základní kameny výzkumu těchto materiálů položila NASA, jejíž cílem bylo ochránit astronauty před extrémními výkyvy teplot. V současné době nabízejí produkty s PCM firmy Outlast, Comfortemp ® a Thermasorb ®[12]

4.3 Luminiscenční a barvu měnící materiály

Jedná se o další typ textilních akčních členů, které působí na zrakové vjemy člověka. Luminiscenční materiály svým působením vydávají světlo (emitují fotony), zatímco materiály se změnou barvy pouze světlo odrážejí, ale mohou měnit jeho barvu. Následně je uveden přehled jejich použití [1][16]

- **Bezpečnost:** osvětlení uniforem pro policisty a hasiče, silniční značení, prvky značící vyčerpání a špatný zdravotní stav, bezpečnostní produkty pro děti atd.
- **Sport:** osvětlení oděvu pro běžce, cyklisty, horolezce, ochrana proti slunci
- **Zábava:** dětské oblečení, party šaty
- **Vnitřní výzdoba:** záclony, tapety, ubrusy[8]

Luminiscence vzniká excitací atomu. Excitace je fyzikální proces, kdy dochází k přechodu energetického stavu atomu na vyšší energetickou hladinu. Může jí způsobit absorpce fotonu, působení tepla, nebo i tlak. Excitovaný atom má snahu vrátit se do základního stavu a při tom se uvolňuje energie, která má za následek vyzáření fotonu. Materiál tak vydává světlo. V přírodě můžeme tento jev vidět například u světlušek, nebo různých světélkujících mořských živočichů. [17]

Luminiscenční materiály		Barvu měnící materiály	
Jev	Vyvolávací faktor	Jev	Vyvolávací faktor
Fotoluminiscence	Světlo	Fotochromismus	Světlo
Optoluminiscence	Vedení světla	Termochronismus	Teplo
Elektroluminiscence	Elektrina	Elektrochronismus	Elektrina
Chemoluminiscence	Chemické reakce	Piezochronismus	Tlak
Triboluminiscence	Tření	Solvatochronismus	Kapalina, plyn
Sonoluminiscence	Zvuk	Halochronismus	pH
Radioluminiscence	Radiace	Tribochronismus	Tření
Krystaloluminiscence	Krystalizace		

Tab. 1 Přehled jevů, zajišťující luminiscenci a změnu barvy [1][8]

Pro praktické využití v inteligentních textiliích jsou nejdůležitější jevy fotoluminiscence, a elektroluminiscence. Fotoluminiscenční látky obsahující fluorofory, které dokáží přeměnit dopadající záření, o kratší vlnové délce, na záření o delší vlnové délce. Pokud se dále jedná o fosforenční látky, dokáží zářit i po odstavení světelného zdroje. Jejich aplikace je možná při procesu barvení textilií. Možnosti využití elektroluminiscence jsou rozvedeny v kapitole o LED diodách, jež září na tomto principu. Barvu měnící látky, neboli také chameleonské materiály, světlo přímo nevyzařují, ale změnou svých vlastností dokáží odrážet různé vlnové délky dopadajícího světla, což lidské oko vnímá jako změnu barvy. Přípona chromní je označení pro látky, ve kterých dochází k reverzibilním změnám barvy a dalších fyzikálních vlastností, přičemž změna je způsobena vnějším podnětem. A právě v závislosti na vnějším podnětu, který změnu vyvolá, barvu měnící látky rozlišujeme. V textilním průmyslu se hlavně využívají látky s fotochromním, termochromním a elektrochromním jevem. [3][16]

4.3.1 Fotochromní materiály

Jedná se o samozabarvující materiály, které mění svojí barvu při změně intenzity dopadajícího světla. Tvoří je nestabilní organické molekuly, které dokáží změnit svou konfiguraci v případě působení určitého záření. Při změně konfigurace dojde k odrazu jiných vlnových délek dopadajícího světla a látka tak z pohledu lidského zraku změní svojí barvu. Principem fotochromismu je reverzibilní přeměna chemických látek, při absorpci elektromagnetického záření. V temnu bývají většinou bezbarvé, nebo mají určitý odstín, při dopadání slunečního světla, nebo ultrafialového záření se mění molekulární struktury a dochází ke změnám barvy. Přičemž po odstranění zdroje světla zase vymizí. Je možné rozlišovat dva druhy fotochromních materiálů, které jsou založeny na organické, nebo anorganické bázi. Nejčastěji používané organické sloučeniny jsou spirobenzopyrany, spironaftooxaziny, benzopyrany, naftopyrany, fulgidy a diaryleteny. Anorganické látky jsou pak tvořeny stříbrnými částicemi. Požadavkem, na takovéto materiály, je hlavně dlouhá životnost, přičemž by se neměla prodlužovat barevná odezva a měnit odstín. Dále pak říditelnost zpětné reakce k původní barevné formě, široký rozsah odstínů, a co nejvýraznější změna mezi osvětlenou a neosvětlenou formou. Proto jsou preferovány materiály s bezbarvou neosvětlenou formou. [18][19]

Fotochromní látky můžeme běžně najít ve svém okolí, asi nejznámější aplikací jsou samozabarvující brýle, které se na slunci ztmavují a poskytují ochranu proti slunečnímu záření. Látky je také možné přimíchávat do různých nátěrů. V textilním průmyslu se můžeme setkat se samozabarvujícími tričky, čepicemi, spodním prádlem, závěsy pro dekorační účely atd. Společnost SolarActive vyrábí příze, které lze použít pro pletení, tkaní a vsívání na běžných textilních strojích, kde je fotochromní pigment vmíchán do taveniny pro výrobu syntetických vláken. Zajímavou možností využití se zabývá švédský interaktivní institut, který vyvíjí dynamické osvětlování fotochromního plátna, pomocí počítačově řízeného ultrafialového záření. Plátno je možné osvětlovat po různou dobu, v různých částech a tím vytvářet vzor. Takový princip by mohl najít uplatnění jako textilní zobrazovací jednotka. [18][20]



Obr. 12 Tričko s fotochromním potiskem před vystavení UV a po vystavení UV [20]

4.3.2 Termochromní materiály

Termochromní materiály mění svoji barvu reverzibilně v závislosti na teplotě. Ke změně barvy dochází při překročení prahu termochromického přechodu, čehož lze dosáhnout ohříváním, nebo ochlazováním, přičemž hodnota přechodu může být měněna přidáním různých příměsí. K výrazným změnám barvy dochází už v malém teplotním intervalu. Materiály s termochromními vlastnostmi můžeme dělit na organické a anorganické sloučeniny, polymery a sol-gely. Nejčastěji jsou používány kovové sloučeniny, polovodičové sloučeniny, složité směsi organických barviv a hlavně tekuté krystaly. Pro praktické aplikace je potřeba jejich ochrana pomocí zapouzdření, což se v textilním průmyslu provádí mikroenkapsulací.[3][19]

Tekuté krystaly patří mezi organické látky. V určitém rozsahu teplot dochází k přechodu z nízkoteplotní krystalické fáze do izotropní kapalné fáze, takže tyto materiály tvoří cholesterické tekuté krystaly. Změny teploty vedou v důsledku roztažnosti krystalů ke změnám mezer ve vrstvě a tím dojde k odrazu jiných vlnových délek světla. Výhodou je, že nemají pouze jeden barevný přechod, ale dokáží odrážet více barevných délek. Nevýhodou jsou vyšší výrobní náklady a malá sytost barev.[18]

Dalším zástupcem organických látek jsou materiály, ve kterých je vytvářen molekulární přesmyk, který vzniká při tatuomerizaci. Při tomto procesu může dojít ke zvýšení konjugace molekul a vzniku nového chromoforu. Nové molekulární uspořádání může vyvolat změna teploty, změna polarizace rozpouštědla, nebo změna PH.[18]

Mezi anorganické termochromy patří některé kovy a anorganické sloučeniny. K různým barevným změnám může docházet v pevném skupenství, nebo v roztoku. Jejich nevýhodou je, že mají vysoký teplotní práh přechodu, což se pro využití v textilním průmyslu nehodí.[3][18]

Použití v praxi nacházejí tyto látky využití jako dekorativní prvky v oděvních výrobcích, například trička a čepice, kdy při přechodu do prostředí s jinou teplotou, dochází ke změnám barvy. Přičemž využitelné jsou pouze tekuté krystaly, protože jako jediné dokáží měnit svojí barvu, při běžných pokojových teplotách. Pro netextilní aplikace našly i ostatní látky využití, v hojné míře se používají jako teploměry, nebo indikátory teploty v průmyslových aplikacích, kde jednotlivé barvy tvoří teplotní stupnici. [3]



Obr. 13 Tkanina s termochromní úpravou, před a po reakci s lidským teplem [21]

4.3.3 Elektrochromní materiály

Elektrochromní materiály mění svojí barvu na základě elektrochromního jevu, při kterém reverzibilně mění svojí barvu. Změna probíhá na základě elektrochemických reakcí, které probíhají při elektronovém přenosu, nebo při oxidačně redukčním procesu. Při těchto změnách se mění látky svojí chemickou podstatu a tím i svoje vlastnosti, včetně barvy, propustnosti pro světlo a odrazivosti. Základní soustava, s elektrochromními vlastnostmi, se skládá ze dvou elektrod, které jsou odděleny vrstvou elektrolytu. Obě elektrody jsou v kontaktu s transparentním vodičem z oxidu inditého nebo činičitého, který musí zajistit vysokou vodivost, rovnoměrné rozložení elektrického potenciálu a propustnost pro světlo. Celá soustava je pak umístěna do ochranné vrstvy ze skla, nebo polymeru. Elektrolyt je v podstatě iontový vodič, který může být organického,

nebo anorganického původu. Z jedné strany je v kontaktu s aktivní elektrodou z oxidu wolframu, což je elektrochromní vrstva, která může vést elektrony z transparentního vodiče a ionty z elektrolytu. V této vrstvě dochází ke změnám chemických vlastností, což má za následek i změnu optických vlastností. Na druhé straně elektrolytu se nachází elektrochromní nabíjecí elektroda z oxidu niklu, která je komplementární k první vrstvě, jež po odstranění elektrického pole umožní vyrovnaní elektrického potenciálu, zachycením iontů. Svoje optické vlastnosti nemění. Po připojení elektrického napájení, se začnou přesouvat elektrony z transparentního vodiče do aktivní elektrody, přičemž na ní vznikne nábojová nerovnováha a začne absorbovat ionty z elektrolytu. To má za následek změnu chemických vlastností na této elektrochromní vrstvě a tím i změnu optických vlastností. Po odpojení elektrického napájení nedojde díky vyrovnaní elektrického potenciálu ke zpětné změně barvy, ale ta zůstane stejná jako pod napětím. Invertovat barvu lze pouze připojením elektrického napájení s opačnou polaritou. Vše se děje pod nízkým napětím 1-5 V. [3][18][19]

Tyto materiály nacházejí svoje uplatnění nejvíce ve stavebním a automobilovém průmyslu, kde je jejich vlastností využíváno pro konstrukci samozabarvujících skel. Svoje využití nalézají také jako nové druhy displejů pro elektronické knihy a papíry, čímž se například zabývá firma Siemens. Pro textilní průmysl nachází také tato technologie uplatnění. Společnost IFM patentovala technologii, ve které ukazují možnost výroby textilních displejů, pomocí zatkávání elektrických obvodů, z nerezové oceli, do tkanin. Celý obvod elektronicky řízen. Takovéto materiály pak mohou najít uplatnění také při výrobě barvu měnících tapet, nebo oděvů, jejichž změny jsou řízeny počítačem. [3][18]



Obr. 14 Elektrochromní tkanina před a po uzavření elektrického obvodu [22]

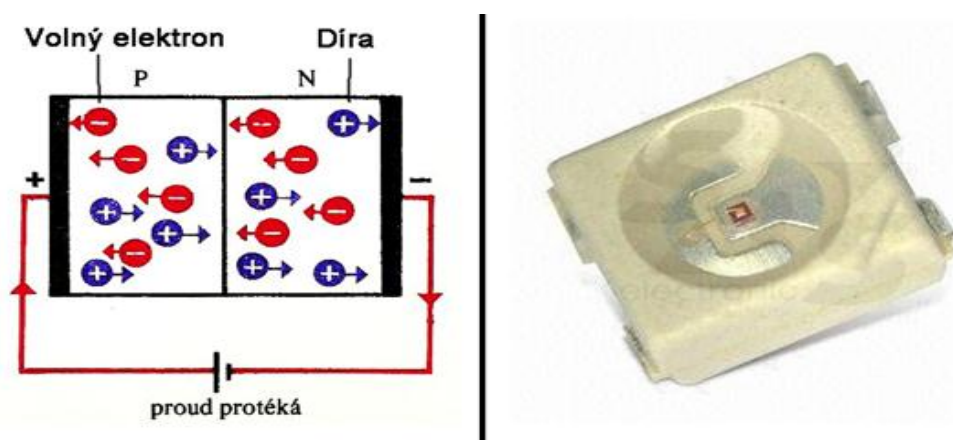
4.3.5 Zdroje světla

Jak se vyvíjí technika, i umělé zdroje osvětlení se postupně proměňují. Lidé přešli od používání ohně, ve formě pochodní, svíček, různých spalovacích lamp, ke zdrojům světla, které ke svojí práci potřebují elektrickou energii. Nejpoužívanějšími elektrickými zdroji světla se staly žárovky, zářivky a svítivé polovodičové diody. I když je u všech tří jmenovaných zdrojů světla elektrický proud, jejich princip funkce je velmi rozdílný. Žárovky vyzařují světlo při průchodu elektrického proudu tenkým vodičem (obvykle wolfram), který se nachází ve skleněné baňce, bez přítomnosti kyslíku. Vláknem je zahříváno na vysoké teploty, kolem 2500 °C. Elektrina je přeměněna na teplo a světelné záření v poměru 96% ku 4%, což z tohoto osvětlení činí velice neefektivní zdroj. Zářivky jsou obvykle skleněné trubice, které obsahují žhavicí elektrody. Vnitřek trubice je vyplněn rtuťovými parami a argonem. Při průchodu proudu nastává doutnavý výboj, který vyzařuje světlo převážně v ultrafialové oblasti, jež je převedeno na viditelné světlo pomocí luminoforu, na stěnách trubice. Tyto zdroje světla mají oproti žárovkám zhruba 5 krát větší účinnost, ale stále je většina energie vyzařována ve formě tepla. Světlo emitující diody (LED) a laserové diody (LD) jsou polovodičové elektronické součástky, které dokáží pomocí elektroluminiscenčního jevu vyzařovat světlo. Jejich princip funkce je rozsáhleji vysvětlen v následující kapitole. [2][16][23]

V současné době je snahou nahrazovat žárovky a zářivky polovodičovými světelnými diodami. Důvody jsou zřejmé jak z ekologického, tak i z technického hlediska. Výhodou polovodičů je především nejvyšší účinnost přeměny elektrické energie na světlo, pracují s malými proudy a napětími, mají mnohem delší životnost, menší a kompaktnější rozměry. Je možná jejich ekologická výroba a likvidace, lze ladit spektrum vyzařovaného světla od infračerveného pásma do ultrafialového a také mají velmi rychlé rozsvícení a zhasínání, což se hodí například při rychlém blikání. Z těchto poznatků vyplývá, že jednoznačně nejlepší volbou, pro integraci do struktur smart textilií, jsou polovodičové součástky, které dokáží emitovat světlo.[24]

4.3.6 Led a Laser

Polovodičová dioda je elektronická součást, která má dva vývody (katoda, anoda). Dovoluje tok elektrického proudu od anody ke katodě, ale opačným směrem nikoliv. LED dioda je určitý druh této součástky, jež vyzařuje světlo pomocí spontánní emise, na základě elektroluminiscenčního jevu. Ten vzniká na polovodičových materiálech. Základním stavebním prvkem je P-N přechod. Princip funkce je takový, že v polovodiči N je přebytek volných elektronů, zatímco v polovodiči P je přebytek kladných děr. Pokud jsou tyto dvě vrstvy spojeny, dochází k zániku volných nosičů náboje, v oblasti určité šířky, kvůli rekombinaci elektronů s kladnými děrami. Nepohyblivé ionty, které zbydou, zapříčiní vznik elektrického pole na přechodu. Směr elektrického pole brání zbylým volným nosičům přechod přes rozhraní. Pokud je připojen zdroj, svým kladným pólem k vrstvě N a záporným k vrstvě P, dochází k zesílení elektrického pole na přechodu P-N. Tím se ztíží přechod nosičů náboje a součást nepropouští proud. Pokud je zdroj připojen opačně, tedy kladný pól na P, záporný na N, dochází k zeslabení elektrického pole na přechodu P-N, nosiče náboje mohou volně procházet a součást vede proud. Při průchodu proudu přes P-N přechod dochází k uvolňování energie, která může být ve formě tepla, ultrafialového záření, nebo okem viditelné záření. Spektrální pásmo, ve kterém dioda vyzařuje, závisí na chemickém složení použitého polovodiče. Zajímavostí je, že LED diody nedokáží emitovat bílé světlo. Takového efektu lze dosáhnout pouze namícháním červené, modré a zelené, kdy kombinace těchto barev vyvolá vjem bílé barvy, nebo přeměnou ultrafialového záření, pomocí luminoforu, který je zabudován v pouzdře.[23][24]



Obr. 15 a) funkce P-N přechodu b) LED dioda v SMD provedení [25][26]

Laserové diody pracují na podobném principu jako LED, opět je zde základním stavebním prvkem polovodičovým P-N přechod. Principem vzniku laserového záření je stimulovaná emise, při které působí elektromagnetické záření, o stejné frekvenci, jako má vyzařovaný foton. Takto vznikají fotony, které mají uspořádaný směr, polarizaci i fázi, čehož je navíc dosaženo pomocí optického rezonátoru. V tomto případě vzniká koherentní, divergentní a polarizované záření, které je na rozdíl od LED diod soustředěno do úzkého intervalu vlnové délky a má malou rozbíhavost. Rovněž se jedná o nejefektivnější zdroj světla, který přemění většinu elektrické energie na fotony. Všechny tyto parametry naznačují, že se jedná o nejlepší zdroj světla. Při praktickém užití se ale ukázalo, že vzniká efekt zrnění, který působí při dopadu laserového záření na drsný povrch. Zrnění působí nepřírozeně a rušivě. V přírodě se takovéto záření nevyskytuje a lidské oko není zvyklé na jeho účinky.[24][27]

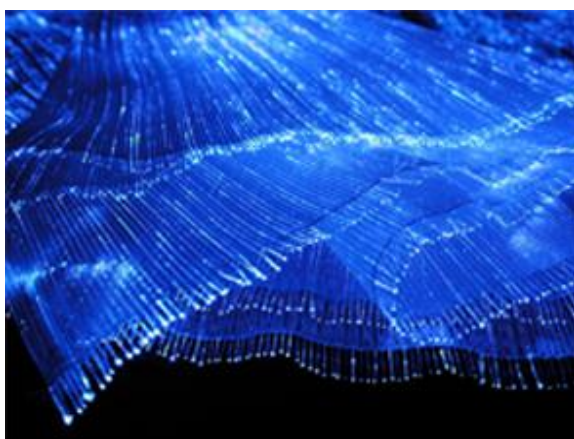


Obr. 16 Laserová dioda [26]

5. Optická vlákna

Optická vlákna jsou útvary, které dokáží přenášet světlo podél své osy. Mohou být vyrobena z plastu, nebo ze skla. První uplatnění našla v polovině minulého století, v medicíně, kde posloužila jako nástroj pro přivedení světla, do špatně dostupných míst, při operacích. Pro svoje vlastnosti, našla svoje využití také jako prostředek pro vedení obrazu, dále jako součásti různých dekorací, efektivní osvětlení prostorů apod. Postupným výzkumem a vylepšením konstrukce dosáhla takových vlastností, že se uplatnila v telekomunikační technice, což je dnes hlavní uplatnění optických vláken. Na rozdíl od metalického vedení, je možné pomocí světla přenášet signál na delší vzdálenosti, s menšími ztrátami a signál není náchylný na elektromagnetické rušení.[9]

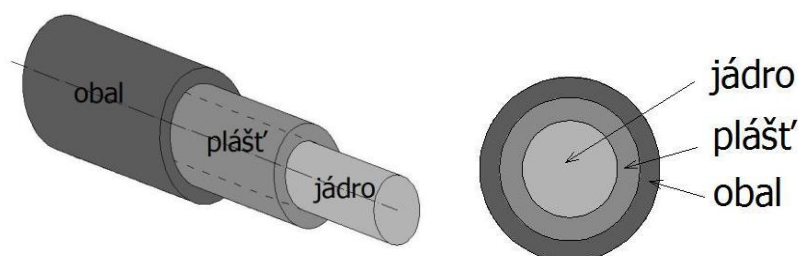
Kvůli těmto zajímavým vlastnostem se začali v posledním desetiletí, o optická vlákna, zajímat i vědci z textilního průmyslu. Zjišťovali, zda je z nich možné vytvářet textilní struktury. Tvorba struktur je velice obtížná. Používaná vlákna, díky svým mechanickým vlastnostem, špatně odolávají náročným procesům při výrobě textilních útvarů (pletení, tkaní). Vytvořené struktury v oděvech špatně odolávají běžnému požívání a údržbě. Vzniklé produkty ale ukazují, že výroba textilií z optických vláken je možná a konečné výrobky mohou být použity jako oděv, nebo jako funkční element, připojený ke klasickým textiliím. Svoje uplatnění by si struktury z optických vláken mohly také najít jako bezpečnostní osvětlovací prvky pro účastníky silničního provozu, dětské kočárky a oděvy. Také jako bezpečnostní osvětlení pro nouzové východy, schody, zábradlí, dveře a mnoho dalších podobných aplikací.[2][3]



Obr. 17 Tkanina vytvořená ze stranově vyzařujících optických vláken [28]

Základním principem funkce optického vlákna je přenos fotonů, kolem své vnitřní osy, pomocí mnohonásobného odrazu, ke kterému dochází na rozhraní dvou prostředí, s různým indexem lomu. Vlákno, s takovou funkcí, je válečkový dielektrický vlnovod, který se skládá z jádra a tenkého obalu, které mají různé indexy lomu světla a na rozhraní těchto dvou složek dochází k odrazu světlených paprsků. Index lomu světla je fyzikální veličina, která udává poměr rychlosti světla ve vakuu a rychlosti světla v daném prostředí. Přičemž index lomu jádra by měl být alespoň o 1% vyšší, než index lomu obalu. Dalším důležitým parametrem je mezní úhel dopadu paprsku. Pokud paprsek dopadne na rozhraní s větším úhlem, než je mezní, projde část světla ven a dojde ke ztrátám světelného záření. Při dopadovém úhlu menším, jak mezní, dojde

k takzvanému totálnímu odrazu, kdy se odrazí zpět 100% záření. Celé vlákno je pak zapouzdřeno v obalu, jež má za úkol zlepšit mechanickou odolnost a zabránit přístupu vody. Jako zdroj světelných paprsků se používají speciální LED a laserové diody.[2][11]



Obr. 18 Optické vlákno a) konstrukce b) průchod světla [11]

Optická vlákna můžeme rozdělit podle materiálu, ze kterého jsou vyrobena (skleněná, plastová) a z hlediska počtu přenášených vidů. Jednovidová vlákna (singelmode SM) přenášejí pouze jeden svazek záření, jehož disperze je minimální. Průměr jádra se pohybuje mezi 300 – 1600 nm a dokáží přenášet nejrychleji signál na velké vzdálenosti. Dokáží ale přenést pouze jeden paprsek. Vícevidová vlákna (multimode MM) mají větší průměr jádra (50 – 2000 μm) a dokáží přenášet najednou velké množství paprsků, ale s menší rychlostí a větší disperzí.[9]

5.1 Plastická, skleněná

Materiálem, pro výrobu skleněných optických vláken, je většinou ultračisté křemenné sklo, které je vyráběno z oxidu křemičitého SiO_2 . Pro zvýšení indexu lomu jádra se pak do materiálu přidává germaniové sklo GeO_2 . Plastová optická vlákna se z počátku vyráběla z perfluorovaných polymerů, později se přešlo na použití PMMA pro jádro a pro obal polymerů fluoru. Běžný průměr POF je kolem 1000 μm , zatímco skleněných kolem 125 μm . Plastové vlákno vydrží mnohem větší mechanické namáhání, není tolik snadné jej ohnout do kritického úhlu a zlomit. Pro vstup paprsku nevadí, když je konec vlákna lehce poškrábaný, nebo ušpiněný a jeho instalace do funkčních struktur je mnohem méně technicky náročnější. Velkou výhodou jsou také nižší výrobní náklady.

Nevýhodou je poměrně vysoký útlum oproti skleněným vláknům, což se ale výrazně projevuje až při přenosech světla na velmi dlouhé vzdálenosti. Z konstrukce a materiálového složení je vidět, že pro použití ve většině aplikací v textilním průmyslu jsou více vhodnější POF. Dokáží odolat namáhání při výrobní procesu textilních struktur a lépe odolají nepříznivým vlivům při praktickém používání. [9][11]

6. Komunikace

Pokud chceme mít funkční strukturu inteligentního oděvu, musíme v něm vytvořit komunikační kanály pro přenos informací mezi jednotlivými komponenty, popřípadě umožnit komunikovat s oděvem i externím zařízením. Obecně můžeme takovéto kanály rozdělit na tři různé druhy, přičemž přenos můžeme dále realizovat drátově, nebo bezdrátově. [3]

- 1) **Interní komunikace** mezi jednotlivými komponenty rozmístěnými v celé struktuře. Například je nutné takto propojit fyziologické senzory s hodnotícím členem. Jedná se tedy pouze o přenos informací v rámci oděvu. [3]
- 2) **Externí komunikace** zajišťuje přenos dat mezi oděvem a externí informační sítí. V oděvu je třeba mít přístupový bod, který zajistí komunikaci, což je například síťový modul mobilních datových sítí. [3]
- 3) **Ad-hoc komunikace** v osobní prostoru pro interní i externí přenos dat. Tento pojem znamená komunikaci, ve které je zahájen přenos dat bez centralizovaného přístupového bodu. Síť je dostupná pouze v blízkosti uživatele, čehož využívají jednotlivé subsystémy, nebo externí zařízení. [3]

Interní i externí spojení můžeme realizovat pomocí vodičů, které dokáží přenášet elektrický signál, nebo bezdrátových komunikačních sítí. Na první pohled se může zdát, že nejlepším způsobem, pro komunikaci, je bezdrátové spojení. Odpadá tím velký problém s instalací vodičů, pro propojení někdy i desítek jednotlivých komponent v oděvu. Není třeba řešit poruchovost vodičů, problémy při údržbě oděvu a snížení komfortu. Bezdrátové spojení je ale více technologicky náročné, každý komponent

potřebuje vlastní akumulátor a vysílač, tím pádem má celá soustava mnohem vyšší spotřebu energie. Přenos může být rušen a také nastává problém se zabezpečením přenosu dat, před nechtěným stažením dalším zařízením. V praxi se používá bezdrátové technologie, v interním propojení, pouze výjimečně a jen u některých vybraných komponent. Spíše je využito pro externí spojení, nebo k propojení celých soustav, například mezi inteligentními kalhotami a košilí. Také mohou být některé vybrané komponenty vybaveny vlastním komunikačním zařízením, například GSM modul pro telefon, nebo MP3 s internetovým připojením pro stahování hudby.[2][3]

6.1 Spojení vodiči

Nejjednodušší variantou propojení je použití tenkých jednožilových vodičů nebo izolovaných drátků, které jsou směřovány skrze textilií, nebo po jejím povrchu. Toto řešení je jednoduché, levné, poskytuje vysokokapacitní přenos informací a efektivní přenos elektrického proudu. Pokud se ale jedná o složitější architekturu, je nutné zakomponovat do oděvu mnohdy i několik metrů vodiče, což snižuje uživatelský komfort a použitelnost oblečení. Drátky se také mohou častým ohýbáním polámat a jejich výměna je složitá.[3]

Další možností je použití úzkých tkaných pásků, které jsou podobné plochým kabelům v elektronice. Uvnitř pásku se nacházejí paralelně umístěná vodivá vlákna z mědi, nebo stříbra, která jsou potažena izolačním materiálem, aby nedošlo ke zkratu. Pásek je možné přišít k oděvu a odolá i při údržbě.[3][29]



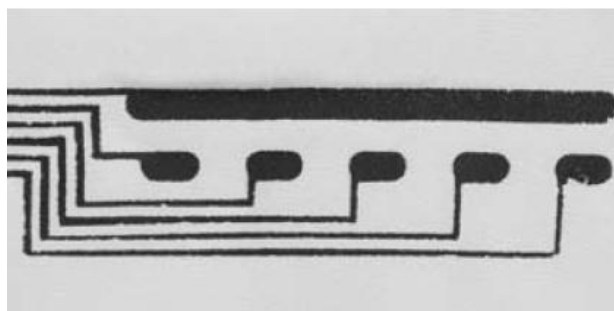
Obr. 19 Vodivá stuha [30]

Propojení je možné realizovat i pomocí šití a vyšívání vodivých vláken do textilie. Používány jsou vodivé kovové nitě, nebo textilní nitě, potažené kovovým povlakem. Tato realizace je ale náročná z důvodu tuhosti kovových nití, které způsobují problémy při šití. Vodičem potažená vlákna zase ztrácejí na kvalitě při praní. [29]



Obr. 20 Vodivá polymerní nit', se stříbrným povlakem [21]

Relativně jednoduchou metodou je tisk vodivých drah, kdy získáme strukturu velmi podobnou tištěnému spoji. Po technologické stránce se nejedná o náročný proces a je vhodný pro masovou výrobu. Při výrobě je třeba zajistit, aby vzniklá vrstva vykazovala co nejmenší elektrický odpor a odolala při údržbě oděvu. [3]



Obr. 21 Natištěné vodivé dráhy [3]

Jinou možností je použití vodivých polymerů polyanilinu a polypropylenu. Jejich vodivost je zajištěna vmícháním vodivého inkoustu, nebo jemných kovových částic, do rozpuštěného polymeru před zvlákňováním. Z vláken je možné vytvořit vodivou textilní strukturu. Materiál ale vykazuje vyšší elektrický odpor oproti kovu a má špatnou mechanickou odolnost při častém ohýbání. [2][3]

Poslední popsanou variantou je metoda přilepení vodivé vrstvy. Princip spočívá v chemickém pokovování tkaniny mědí, která zajistí výbornou vodivost. Z takto upravené tkaniny je laserem vyřezán určený vzor vodivých drah a přilepen na jinou textilií. Odolnost nalepené vrstvy může být zlepšena následným zátěrem. [3]

6.2 Bezdrátové spojení

V následující tabulce jsou vypsané jednotlivé bezdrátové technologie, které lze integrovat do oděvu a efektivně je využívat. Také jsou zde uvedeny možnosti služeb, které poskytují, rychlost přenosu a způsob využití, rozdělený podle využitelnosti.

Komunikační technologie	Možnosti služeb	Přenosová rychlost	Typ komunikace
GSM	Data, hlas s nízkou kvalitou	43 – 171 kbit/s	Externí
SMS/GSM	Text, kontrolní zprávy	160 znaků na zprávu	Externí
UMTS	Vysokorychlostní data, Hlas	144 kbit/s – 2 Mbit/s	Externí
IEEE a ETSI WLAN	Data s Qos	11 – 54 Mbit/s	Externí
Bluetooth	Data, hlas s nízkou kvalitou	1 Mbit/s	Osobní prostor
IEEE 802.15.1	Data, hlas s nízkou kvalitou	1 Mbit/s	Osobní prostor
IEEE 802.15.3	Multimediální služby	55 – 100 Mbit/s	Osobní prostor
IEEE 802.15.4	Data, diagnostika, uživatelské rozhraní	20 – 250 kbit/s	Interní
Nízkovýkonové RF	Řízení a senzorycké systémy	1 – 100 kbit/s	Interní
Infra	Rychlý přenos souborů	4 Mbit/s	Osobní prostor

Tab. 2 Tabulka s možnostmi bezdrátové komunikace [3][32]

7. Napájení

Napájení tvořím ve většině případech největší a nejtěžší součástí systému. Snahou je používat zdroje, s co nejmenšími rozměry, zároveň vysokou kapacitou a vytvořit systém, který bude mít co nejmenší energetickou náročnost. K napájení mohou sloužit běžné baterie, nabíjecí akumulátory, mikro palivové články, nebo jiné nekonvenční prostředky. Snahou je využívat také alternativní zdroje energie, které by byly doplňkem ke

klasickým zdrojům, umožnily jejich nabíjení, nebo by částečně zastoupily jejich funkci. Využita může být například energie ze světla, lidského tepla, nebo pohybu. Asi nejlepším alternativním zdrojem, se jeví využití světlené energie, pomocí solárních článků. Této možnosti je věnována další kapitola. Pro využití lidské teploty je možné použít miniaturní křemíkové termoelektrické generátory, které získávají energii z rozdílu teplot pod oděvem a na vnější straně oděvu. Takový zdroj ale poskytuje pouze výkon několik mikrowattů, na čtverečný centimetr. Jiným přístupem je využití elektrického pole, kdy jednotlivé komponenty v sobě dokáží indukovat elektrické proud, což by dokázalo zajistit bezdrátového napájení v přítomnosti elektrického pole. Stále ale většina alternativních zdrojů neposkytují dostatečný výkon, který by byl spolehlivě dodáván po celou dobu použití a po několik dalších let nezbyvá, než využívat jako hlavní zdroj energie klasické akumulátory, s případným doplňkem, ve formě solárních článků. [2][3]

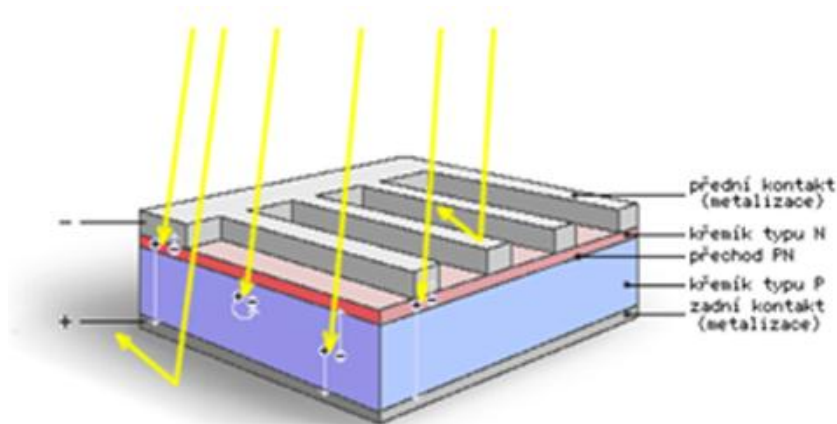
Pro tvorbu napájení, v současných aplikacích, je nejjednodušším a nejspolehlivějším řešením, využít Lithium-iontových, Lithium-polymerových, nebo Nikl-metal hydridových akumulátorů, které se již několik let úspěšně používají v mobilních telefonech, notebookech a dalších běžných zařízeních. Zvláště vhodné jsou díky svojí konstrukci Li-pol akumulátory, které mají velice nízký profil, jejich tvar může být při výrobě přizpůsoben aplikaci a mají nízkou hmotnost, takže jejich přítomnost v oděvu je nejméně rušivá.[3]

7.1 Solární články

Sluneční světlo, dopadající na Zemi, se rovná energii zhruba 90 petawattů. Současná spotřeba lidstva je asi 6000 krát menší. Pokud toto číslo zprůměrujeme, dopadne na jeden m^2 170 Wattů. V tomto ohledu několikanásobně převyšuje ostatní obnovitelné zdroje energie. Solární články, které zachytávají tuto energii, nevytvářejí během svého provozu žádné škodlivé emise, hluk, pro jejich provoz je nutná pouze minimální údržba a jejich provozní náklady jsou velice malé. Snahou do budoucnosti je, aby lidé měli možnost více využívat solární energii a měli běžně po ruce solární články, které by mohli využít pro napájení a nabíjení přenosných zařízení běžné potřeby, jako je mobilní telefon, notebook, přehrávače hudby atd. Konvenční křemíkové solární články, svojí konstrukcí, dovolují využití pro aplikace, kde jsou upevněny na rovné plochy, jako jsou

tabule na solárních polích, střechy budov, automobily, nebo pevné plochy na elektronických spotřebičích. Jejich nevýhodou je, že jsou málo flexibilní, neskladné, nedostatečně mechanicky odolné, zkrátka pro mobilní použití málo vhodné. Vývojové laboratoře se snaží nacházet nové technologie, jimiž lze zachytit sluneční energii. Zkoumají se články na bázi polymerů, organických materiálů, nebo tekutých krystalů. První úspěchy zaznamenávají plastové solární folie, které vynikají svou flexibilitou, lehkou konstrukcí. Jednou z cest vývoje je fotovoltaický textil. [2][33]

Principem fotovoltaického jevu je působení světla na polovodičový PN přechod, který můžeme vnímat jak jednu velkou diodu. Vrstvu P tvoří polovodič (nejčastěji křemík), který je ze spodní strany potištěn stříbrnou mřížkou a na horní straně je vytvořena malá polovodičivá vrstva N (nejčastěji fosfor), s úzkými vodivými kontakty. Ve vrstvě N je přebytek elektronů (záporně nabitých částic), naopak ve vrstvě P je jejich nedostatek. Principem přechodu PN je vlastnost, že volné elektrony mohou přecházet z vrstvy P do vrstvy N, ale opačným směrem ne. Pokud působí na tuto strukturu světlo, předávají fotony energii atomům v krystalické mřížce křemíku a uvolňují se z něj elektrony. Díky jednosměrnému přechodu přecházejí elektrony z křemíkové vrstvy P, do vrstvy N, ale zpět se už nedostanou. Ve vrstvě N se tedy neustále zvyšuje počet elektronů a po jejich nahromadění vzniká mezi oběma vrstvami elektrické napětí. Samotný křemíkový polovodičový přechod tvoří jeden solární článek. V dnešní době jsou používány články, které samostatně produkují napětí 0.5 V a účinnost přeměny záření na elektrickou energii je 24-32%. Pro účinné použití je třeba články sériově propojit, aby z nich vznikly panely. Tyto panely jsou poté opatřeny nosnými prvky, ochrannými prvky a různými montážními díly, lišící se drobně podle účelu použití.[23][33]



Obr. 22 Fotovoltaický jev [34]

Výroba fotovoltaického textilu je stále ve fázi výzkumu, zatím vznikají pouze návrhy a metody, které ale nevedou ke konkrétním funkčním výrobkům. Zkoušejí se nové technologie a materiály, které by vedly k funkční a účinné struktuře, jež by se dala běžně používat a bylo je možné hromadně vyrábět. Jednou, ze zkoumaných cest, je výroba fotovoltaické příze, která se skládá z monofilamentního jádra, ze syntetického materiálu, které je potaženo vodivou vrstvou, tvořící elektrodu. Na elektrodovou vrstvu je nanесena fotovoltaická vrstva a celá tato struktura je potažena transparentním vodivým materiálem, který tvoří druhou elektrodu. Z výsledných vláken by pak mohla být formována struktura pomocí běžných technologií, jako je tkaní, pletení, nebo laminování. Další možností je například tisk fotovoltaické vrstvy na textilií, nebo formování struktur z nanotrubiček. [2]

8. Produkty a aplikace

V dnešní době existuje již celá řada různých produktů, z oblasti inteligentních textilií, přičemž hraje hlavní roli nositelná elektronika. Některé produkty se nacházejí stále ve fázi vývoje a prototypů, jiné už sklízají první úspěchy v praktickém používání a pár výrobků je již dostupných na trhu. Svoje uplatnění nacházejí ve zdravotnictví, armádě, aktivní a pasivní bezpečnosti, komerčních výrobcích pro zábavu, sport a volný čas. Stále se setkáváme s problémy, jako je složitá údržba, velká náchylnost k poškození, nižší komfort, nebo nepraktické zdroje energie. Vývoj ale neustále pokračuje a v budoucnu můžeme očekávat další pokroky a řadu dalších nových produktů. V následujících odstavcích jsou popsány některé zajímavé produkty, které mají velký potenciál pro budoucí masové využití. [1][8]

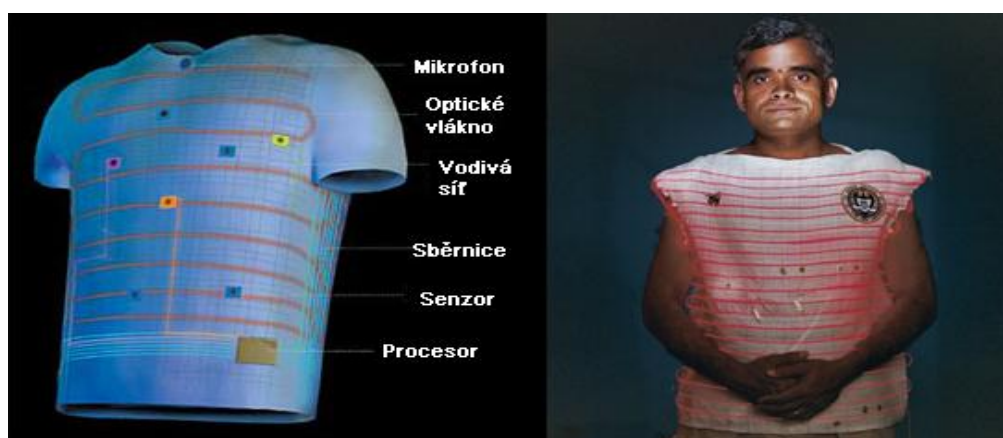
8.1 Armáda, lékařství

Mezi první průkopníky, v oblasti vývoje inteligentních textilií, patří Georgia Institute of Technology, kde se výzkumníci již na počátku devadesátých let snažili integrovat elektronické součásti do textilu, přičemž hlavní postavou tohoto výzkumu byl doktor

Sundaresan Jayaraman. V roce 1996 poskytlo americké ministerstvo obrany finance na vývoj inteligentního trička pro armádu, které by dokázalo monitorovat zdravotní stav vojáka v boji. Konkrétně mělo rozeznat, zda byl voják zraněn, na jakém místě a jak vážně. Dále musí monitorovat životní funkce jako je tep, tělesná teplota, frekvence dechu, EKG. Systém pak musel umět komunikovat s centrálou a vyměňovat si získané informace. Po prvních úspěšných krocích vznikl prototyp nositelné základní desky GTWM (Georgia Tech Wearable Motherboard), k níž byla, pro detekci střelných zranění, připojena optická vlákna. Dále bylo možné připojit různé druhy senzorů, pro monitorování životních funkcí. Velkou výhodou nového systému byla jeho otevřenost pro připojení široké škály senzorů a kompatibilita s většinou běžných počítačů, takže nebylo nutné vymýšlet různá rozhraní, pro výměnu dat a programování. Výzkumný tým si uvědomil, že takový výrobek nemusí najít uplatnění pouze u armády, ale i v běžném životě. Potenciál využití sahá od kojenců až po seniory, kde inteligentní tričko může poskytovat služby při pooperační péči, sledování dlouhodobě nemocných pacientů, prevenci syndromu náhlého úmrtí dítěte, telemedicině, sledování stavu astronautů, sportovců, a mnohé další aplikace. [2][35]

V současné době existuje již třetí generace armádní GTWM, v podobě nátělníku, která je vytvořena pomocí inovativní technologie zatkávaní plastových optických vláken, jež jsou v procesu výroby spirálovitě vetkána do struktury tkaniny. Pro přenos signálu jsou použita vodivá vlákna, která tvoří datovou sběrnici. Tyto vlákna jsou pak opatřena konektory, které slouží k připojení čidel k monitorování životních funkcí a také tvoří rozhraní k připojení obslužného zařízení. K optickému vláknu je připojen vysílač signálu a přijímač, jež jsou zapojeny na monitorovací zařízení. Pokud penetruje projektil skrze nátělník, dojde k přerušení optického vlákna, světlený signál se nedostane do přijímače a tím je detekován průstřel. Dále je možné určit, na jakém místě došlo k zásahu. Data ze všech senzorů jsou odesílána do PSM (Osobní status monitor), který přes komunikační jednotku odesílá data obslužnému personálu. Praktické využití v boji začíná připojením externích senzorů k tělu, navléknutím trika, jež obsahuje další interní senzory, a následné aktivaci celého systému, který může pracovat v třech režimech (boj, lékařská kontrola, osobní zpracování informací). Veškeré senzory následně monitorují stav nositele a odesílají data do PSM. V případě zásahu dojde k okamžitému odeslání dat ze všech senzorů, ke zdravotnickému personálu. Zdravotník podle nich určí rozsah zranění a následně koordinuje pomoc. Toto má velký význam pro určení, kterým vojákům má být

pomoc prioritně poskytnuta. Nátělníky dnešní generace již dokáží monitorovat veškeré důležité vitální funkce, spolehlivě detekují průstřel, komunikují s okolím, je možné vyrábět na míru různým jedincům, čidla mohou být libovolně rozmístěna, oblek je pohodlný a odolá běžnému praní. V současnosti se jedná o nepokročilejší produkt z oblasti inteligentních textilií.[35]



Obr. 23 GWTM a) Schéma b) Reálná podoba [36]

Podobný systém, pouze pro medicínské účely, vyvíjí například výzkumný ústav ITV v Denckenfordu. Zde se specializují na dětské oblečky, které dokáží neustále monitorovat vitální funkce dítěte, aniž by docházelo ke snížení jeho komfortu. Podobnou funkci zastává i systém Life shirt, který je ale určen pro lidi každého věku a má za úkol monitorovat vitální funkce celý den, při běžných činnostech a tyto data ukládat. Pomocí nich pak dokáží lékaři lépe diagnostikovat. [2][12]

8.2 Viditelnost a textilní displeje

Produkty, z této oblasti inteligentních textilií, nacházejí své uplatnění v případech, kdy chtějí lidé zlepšit svojí viditelnost z bezpečnostních důvodů, nebo měnit barvu oděvu pro módní účely. Podobné využití hledá i armáda, která se ale naopak snaží, pomocí změn barev, splynout s okolím a zajistit co nejlepší maskování. Dalšími produkty jsou pak textilní displeje. [37]

Jako příklad lze uvést francouzskou společnost LumiGram, která vyrábí celou škálu módních oděvů, dekorací, doplňků interiéru, osvětlení kabin automobilů atd. Osvětlení je

realizováno pomocí ultratenkých syntetických optických vláken, která jsou osvětlena Led diodami, umístěnými v okrajích textilie. Je možné si vybrat ze dvanácti barevných odstínů, přičemž lze pomocí míchání barev dosáhnout dalších odstínů a světelných efektů. Celá soustava je napájena bateriemi o napětí 3 – 4,5 voltů, přičemž napájení pro stacionární aplikace může být realizováno pomocí síťových adaptérů. Mechanická odolnost je velice dobrá, pouze je potřeba dbát na správnou údržbu. Před praním je nutné vytáhnout baterie a optický modul a dále lze praní provádět v ruce, s mýdlem, při teplotě do 50°C. Při sušení a skladování je třeba dbát, aby se vlákna nepřeložila a nevznikly tak ohyby, popřípadě praskliny. [38]

Realizovat osvětlení textilu, přímo pomocí Led diod, se dále snaží například Philips, ve svém projektu Lumalive, nebo designérské studio Enlighted Design, které vyrábí produkty na zakázku. [39]



Obr. 24 a) Textilní luminiscenční displej b) Podprsenka z optických vláken [40][38]

Textilní zobrazovací jednotky nabízejí do budoucna velký potenciál využití, jejich výhodou je lehká, flexibilní konstrukce, jejichž vlastností lze využít pro implementaci do oděvů, nebo jako zobrazovací jednotka přenosných výpočetních zařízení a mobilních telefonů. Například francouzská společnost Telecom, vyvíjí pomocí této technologie flexibilní obrazovky z optických vláken, napájené bateriemi, které by bylo možné vetkat do oděvu. Každé optické vlákno je osvětlováno vlastní LED diodou, jejichž funkce je řízena mikročipem. Při různých konfiguracích zapnutých a vypnutých LED diod jsou některá vlákna osvětlena a jiná ne, což připomíná funkci pixelů na klasické obrazovce. Možnost, jak zakomponovat do oděvu displej nabízí také izraelská společnost Citada,

která vytváří ultratenké flexibilní displeje APD, které jsou navíc velice odolné a mají vynikající zobrazovací schopnosti, s širokým pozorovacím úhlem a čitelností, při přímém slunečním záření. Displeje tvoří dvě vrstvy PET, mezi nimiž jsou speciální mikrokapičky Onyx, které se různě rovnají, po připojení napětí. Celá tato soustava má tloušťku 0,3 mm. [2][3][41]

8.3 Nositelné počítačové systémy, komunikace, zábava, volný čas

Snaha miniaturizovat výpočetní systémy a zajistit jejich co největší mobilitu, dospěla do fáze, kdy je možná jejich implementace do oděvních struktur. V budoucnu by mohly být běžnou součástí oděvů mobilní telefony, počítače sloužící jako osobní asistenti, systémy monitorující zdravotní stav a reakce těla, podpůrné systémy pro zlepšení smyslů, audiovizuální služby atd. První kroky tímto směrem byly již provedeny, vznikly oděvy, které úspěšně slouží pro potřeby leteckých inspektorů a pro vojenské účely. Tyto produkty slouží pro navigaci, jako výpočetní zdroj, komunikaci, senzoriku zdravotního stavu atd. Trendem dnešní doby je být za každé situace spojený s okolním světem a přitom být neustále mobilní. K tomu nám slouží GSM telefonní síť a internet. Spojení realizujeme pomocí mobilních telefonů, smartphonů, notebooků a podobných zařízení. Také běžně využíváme různé další zařízení, jako jsou MP3 přehrávače, GPS navigace. Vizí některých výzkumníků je, že by všechna tato zařízení mohla být integrována do oděvu, který by nejen plnil svojí primární oděvní roli, ale stal by se naším datovým asistentem, prostředníkem pro spojení s celým světem, nebo ochráncem v nebezpečných situacích. I když existují úspěšné aplikace těchto systémů, stále se setkáváme s problémem, že některé součásti nejsou plně integrovány do oděvu, jsou tvořeny různými krabičkami, tvrdými součástkami a dalšími komponenty, které snižují komfort oděvu a zvyšují jeho hmotnost a objemnost.[2][3]

Mezi průkopníky takovýchto oděvních systémů patří plzeňská firma Applycon která v roce 2008 představila inteligentní bundu, která dokáže telefonovat, obsahuje GPS anténu a senzory, kameru.[42]



Obr. 25 Bunda s integrovaným mp3 přehrávačem a ovládáním na rukávu [42]

V současné době také existuje nabídka různých komponentů, ze kterých lze vytvořit smart textilií, s běžným vybavením šicí dílny. Společnost Sparkfun Electronic nabízí kompletní řadu produktů, které jsou přímo určeny k integraci do oděvu a mohou tvořit kompletní funkční strukturu s akčními členy, procesorem, senzory, bezdrátovou komunikací a napájením. Jednotlivé členy stačí pouze přišít na oděv a propojit je vodivou nití. Bohužel nejsou tyto komponenty zatím schopné vydržet údržbu v pračce a nevýhodou je i vysoká cena.

9. Bezpečnost cyklistů

Hlavním úkolem inteligentního oděvu, zkoumaným v této práci, je zvýšení bezpečnosti cyklistů, pomocí sady osvětlovacích prvků, které zlepší jejich viditelnost a dokáží upozornit na změnu jízdy, nebo brždění. V současné době patří mezi povinnou výbavu cyklistů pasivní osvětlovací prvky, což jsou reflexní odrazky na přední a zadní části bicyklu, plus odrazky na pedálech a paprscích kol. Za snížené viditelnosti je povinností používat přední a zadní světlomet. V případě odbočování, nebo změně směru jízdy, jsou cyklisté nuceni spoléhat na svá gesta. Pokud prudce brzdí, upozornit nedokáží. Ideálním výstupem této práce by byl cyklistický dres, který by nejen zvýšil viditelnost cyklistů dalším aktivním osvětlením, ale také by uměl automaticky světelně upozornit v případě brždění a obsahoval blinkry, podobně jako u automobilu. Takovýchto oděvů lze využít i u motorkářů a mopedistů, kteří sice na svých strojích mají implementovány světelné prvky, ale další zlepšení viditelnosti rozhodně pomůže zvýšit jejich bezpečnost.[43]

Pokud se podíváme statistiku nehodovosti cyklistů v České republice, za posledních deset let, je jasně zřejmé, že počet nehod mírně klesá, ale stále se drží na velmi vysoké úrovni. Cyklisté sice používají lepší bicykly, helmy, vznikají nové cyklostezky, ale na druhou stranu stoupá jejich počet a celkově roste počet všech dalších účastníků silničního provozu, hlavně automobilů. V zemích Evropské unie a rozvinutých zemí Asie, je tato situace, ve většině případů, podobná. V roce 2010 bylo v České republice zaviněno cyklisty 1790 dopravních nehod, při všech nehodách celkově tento rok zemřelo na silnicích 70 cyklistů, což je 9,3% všech usmrcených účastníků silničního provozu, přičemž největší podíl nehod se stává v obcích. Těžce zraněno bylo pak 260 osob a dalších 1399 lehce. [43][44]

Rok	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Nehody zaviněné cyklisty	2409	2202	2033	1793	2316	1990	1909	1790
Úmrtí cyklistů celkem	123	99	93	83	103	77	72	70

Tab. 3 Nehody cyklistů za rok 2010 [44]

Hlavní příčiny nehod v roce 2010	Počet nehod	Podíl ze všech nehod [%]	Počet usmrcených	Podíl ze všech nehod [%]
Nepřiměřená rychlost	198	11,1	6	15
Nesprávné předjíždění	11	0,6	0	0
Nedání přednosti	396	22,1	13	32,5
Nesprávný způsob jízdy	1172	65,6	21	52,5
Technická závada	13	0,7	0	0
Suma	1790	100	40	100

Tab. 4 Příčiny nehod v roce 2010 [44]

V tabulce č.2. můžeme vidět, že za největší podíl zaviněných dopravních nehod může nesprávný způsob jízdy. Tento pojem v sobě mimo jiné zahrnuje jízdu v protisměru, nebo po špatné straně vozovky, nedodržení bezpečné vzdálenosti, chyby při udávání směru jízdy, náhlé prudké zabrzdění, chyby při otáčení atd. Pokud by cyklisté měli možnost použít dres s aktivními světlenými bezpečnostními prvky, toto číslo by mohlo výrazně klesnout. Jistě by také došlo ke snížení účasti v nezaviněných nehodách.

EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST

Cílem experimentální části je vytvořit oděv, s integrovanými LED diodami, který budou moci cyklisté a motocyklisté použít v silničním provozu, jako bezpečnostní prvek. Nositel by měl být lépe viditelný při zhoršených světlených podmínkách, zároveň moci signalizovat při brždění a změnách směru jízdy. Při tvorbě oděvu je nutné jednotlivé prvky implementovat takovým způsobem, aby funkčnost zůstala zachována během náročných podmínek při praktickém používání a byla možná jeho údržba běžnými prostředky. Vytvořený návrh má být zpracován takovou formou, aby byla možná jeho případná komerční výroba.

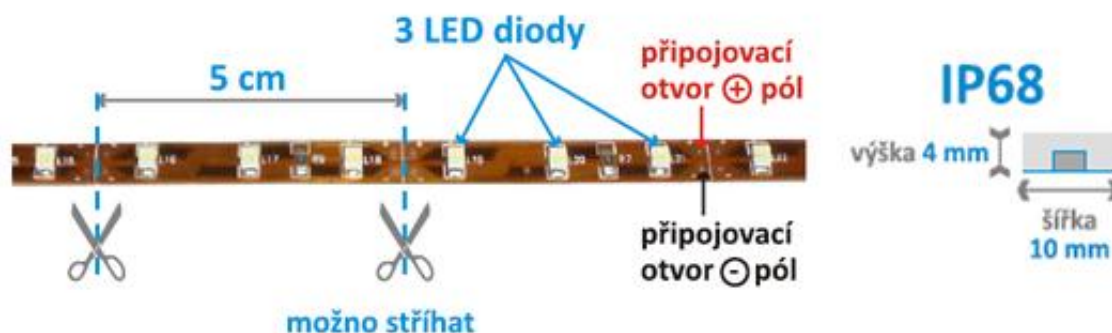
Postup v experimentální části

- Hledání technologie pro osvětlení oděvu
- Návrh použitých částí, které budou tvořit celý systém
- Způsob upevnění LED diod na oděv
- Tvorba vodivých drah
- Zkoumání možností spojení LED diod a vodivých drah
- Návrh a tvorba řídicího systému
- Výroba prototypů
- Praktické zkoušky a údržba
- Ekonomická rozvaha

10. Hledání vhodné technologie pro osvětlení oděvu

Pro aktivní osvětlení smart textilií připadají v úvahu dva nejběžnější postupy. První možností je upevnění LED diod na jejich povrch. Druhým způsobem je pak použití stranově vyzařujících optických vláken, která lze zatkat do struktury textilie, nebo mohou tvořit samostatné tkané bloky, které je možné upevnit na oděv. Pro tento projekt byl zvolen postup integrace LED diod, jelikož je toto řešení méně technologicky náročné na výrobu a optická vlákna zatím nemají takové vlastnosti, aby vydržela neustálé používání ve sportovním oděvu a údržbu v pračce.

Pro použití ve smart textiliích je nutné použít LED diody, v provedení pro povrchovou montáž (SMD), které mají oproti klasickému provedení mnohem menší rozměry. Jako vhodná se zdála varianta použití pásků, které tvoří tištěný spoj pro LED. Tyto pásky jsou dostatečně pevné, mechanicky odolné a zároveň je možné jejich ohýbání do ostrých úhlů, bez rizika poškození. Pásky se vyrábějí v mnoha barevných variantách svitu. Také je možné vybrat si z několika variant ochrany proti vlhkosti, k čemuž bylo při výběru přihlíženo. Cyklistický oděv se s vlhkostí během používání často setkává, ať ve formě potu, nebo deště, proto byla zvolena nejlepší ochrana IP 68.

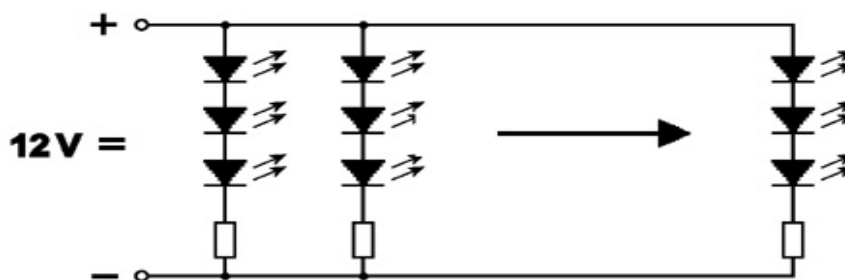


Obr. 26 Pásky LED diod

Základní funkční jednotkou, těchto pásků, jsou jednotlivé sekce, které obsahují tři LED diody a jeden rezistor. Spojené sekce tvoří souvislou řadu, kterou je možné podle potřeby, na vyznačených místech, rozstříhnout. Přívod elektrické energie je realizován přes připojovací otvory, které se nacházejí po obou stranách míst určených k rozstřížení.

Ochrana IP68 značí, že celý pásek je souvisle zalitý do polymerní hmoty, která je po celém jeho obvodu.

Použité LED diody jsou SMD chipy 3528 EPISTAR. Každý z nich pracuje při napětí 4V, přičemž jednotlivé sekce jsou tvořeny třemi těmito chipy, zapojenými do série. Tudíž potřebné napětí, pro svit jedné sekce, je 12 V. Tyto funkční jednotky jsou pak propojeny paralelně, čímž se potřebné napětí nezvyšuje a zůstává stále konstantní, bez ohledu na počet připojených sekcí. Spotřeba elektrického proudu a potřebný příkon, jsou naopak závislé na délce použitého pásu, hodnoty jsou uváděny na metr, přičemž se pohybují kolem 0,4 A/m a 4,5 W/m. Světelný tok se liší podle barvy svitu, v rozmezí 36 lm/m až po 210 lm/m. Vyzařovací úhel je 120°. Vyráběny jsou pak varianty svitu bílé, žluté, zelené, červené a modré barvy.



Obr. 27 Schéma sérioparalelního zapojení LED diod

11. Návrh použitých částí, které budou tvořit celý systém

Před započítím výroby prototypů a testováním různých variant jednotlivých komponentů, bylo nutné stanovit, z jakých základních částí by se měl signalizační dres skládat. Po studiu literatury, pro teoretickou část této práce a zkoumání některých již vyrobených smart textilií, bylo stanoveno pět hlavních částí, které měly tvořit základní funkční systém oděvu. Jednalo se o senzory, procesor, akční členy, komunikační jednotku a napájení. Tento systém je využíván ve většině moderních aplikací smart textilií a hodí se i pro účely signalizace v silničním provozu. V následujících odstavcích jsou popsány úvahy, na jejich základech byly vybírány a tvořeny jednotlivé funkční části.

11.1 Akční členy

Akční členy jsou komponenty, které mají zajistit samotný svit oděvu. Pro jejich realizaci byly vybrány v předchozím kroku LED diodové pásky. Pro správnou signalizační funkci se muselo uvážit, jakým způsobem je rozmístit po oděvu a které barvy použít. Určitým limitem se stal jejich počet, protože čím více je použitých sekcí, tím větší je spotřeba elektrického proudu a klesá časová výdrž celého systému na jedno nabití.

Na obrázku 28 je vidět schéma rozmístění, které zůstalo zachováno pro výrobu prototypů. Z důvodu lepší viditelnost účastníka silničního provozu, se nachází na zadní straně jedna sekce červených LED, která po zapnutí modulu neustále bliká. Supluje funkci zadní blikáčky, která je dnes běžně používána. Nad ní se nacházejí další dvě spojené sekce, které se rozsvítí při brzdění. U pravého a levého rukávu jsou ze dvou oranžových sekcí vytvořeny šipky, jež při odbočování blikají podobně, jako blinkry na automobilu.

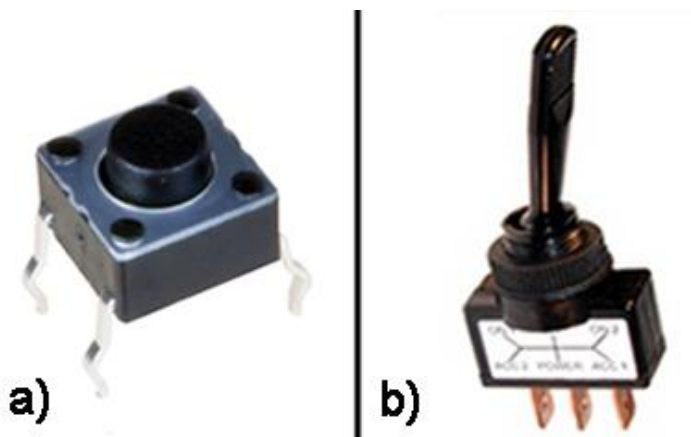
Spotřeba elektrického proudu by při takovémto řešení neměla být vysoká, při rozsvícení všech sekcí je potřeba dodávat proud kolem 150 mA. Při praktickém využití nebudou sekce nikdy všechny rozsvíceny, zadní blikáčka se rozsvítí vždy jednou za vteřinu a ostatní sekce blikají jen v případě brzdění a odbočování.



Obr. 28 Schéma rozmístění LED diod

11.2 Senzory

Senzorická část má za úkol dodávat signály pro správnou funkci akčních členů. Použité senzory, ve formě přepínačů a spínačů, se nebudou nacházet na oděvu, ale musejí být umístěny na bicykl. Mikrospínač, umístěný na brzdové páčce, dokáže detekovat její zmáčknutí a vyslat tak signál pro rozsvícení brzdové sekce. Další možností může být umístění akcelerometru do jednoho z ovládacích modulů, kdy by pak nebylo rozsvícení závislé na zmáčknutí brzdové páčky, ale automaticky reagovalo na každé prudší snížení rychlosti. Signalizace, při odbočování, bude řešena přepínači, umístěných na obou stranách řídítek. Při odbočování jezdec palcem přepne přepínač, popřípadě dá ještě rukou znamení o změně směru jízdy a příslušné sekce začnou blikat. Po skončení vrátí přepínač do původní polohy, čímž se blikání ukončí.



Obr. 29 a) Mikrospínač do brzd b) Přepínač pro odbočování

11.3 Ovládací procesorová část

Pro ovládání celého systému jsou potřeba dvě řídicí jednotky, které mezi sebou komunikují. Musí být ve formě malých modulů, protože jeden z nich se stane součástí oděvu a neměl by tedy nositeli nějak výrazně zhoršovat komfort. Moduly také musí být mechanicky odolné, nemělo by je vyřadit z provozu tvrdší zacházení, se kterým se setkají při praktickém používání. Také by měly odolat vlhkosti. Jeden modul je potřeba umístit na bicykl, kde je jeho úkolem vyhodnocování signálů od senzorů. Tyto signály pak přenáší do druhého modulu, který bude umístěn na samotném oděvu. Ten pak přijaté signály vyhodnotí a na jejich základě rozsvítí příslušné sekce.

11.4 Komunikace

Externí komunikace, mezi řídicími jednotkami, musí být bezdrátová. Pokud by byla realizována pomocí kabelového propojení modulů, nacházející se na kole a v oděvu, hrozilo by nebezpečí destrukce celého systému i při lehkém pádu z kola, nebo pokud by uživatel zapomněl při sestupování odpojit kabel. Bezdrátovou komunikaci je třeba realizovat v pásmech vysokých frekvencí, aby nedocházelo k rušení od jiných elektronických zařízení v okolí. Komunikační jednotky by měly být součástí řídicích modulů, aby nemusely být samostatně integrovány do oděvu. Komunikační dosah obou bezdrátových jednotek postačuje v řádech několika metrů, při jízdě na bicyklu budou od sebe oba moduly vzdáleny jen velice málo.

Interní komunikaci je třeba realizovat pomocí vodičů, které mají za úkol rozvádět elektrický proud, od řídicího modulu, k páskům LED diod. Je třeba zajistit, aby tyto vodivé cesty vykazovaly co nejmenší elektrický odpor. Problémem je, že jsou v textiliích vystavovány velkému mechanickému namáhání, které běžně používané vodiče, jež jsou využívány ve slaboproudé elektrotechnice, těžko vydrží.

11.5 Napájení

Hlavními požadavky, na napájení, je použití akumulátoru, který má malé rozměry, nízkou hmotnost a dokáže poskytnout dostatečný proud a napětí pro svit LED diod. Také musí zajišťovat celému řídicímu systému výdrž, v řádech několika hodin. Důležité je také snadné nabíjení běžně dostupnými nabíječkami. Tyto požadavky splňují Li-pol a Li-ion akumulátory, které běžně najedeme v mobilních telefonech. Pro tuto aplikaci je nutné použití dvou akumulátorů, protože obě řídicí jednotky potřebují svoje vlastní napájení. Akumulátor by měl být také součástí modulu, ve kterém se bude nacházet řídicí a komunikační jednotka. V rámci toho modulu musí primárně poskytovat proud řídicímu obvodu, který se bude starat o napájení komunikační jednotky a distribuovat elektrickou energii jednotlivým segmentům LED diod a tím řídit jejich svit.

12. Způsob upevnění LED na oděv

Prvním důležitým krokem, před výrobou prototypů, se stalo zkoumání, jakým způsobem připevnit LED pásy na oděv. Bylo nutné vymyslet takový způsob, který nezhoršoval komfort nositele, dokázal pásy uchránit před utržením při otěru a celkově zajistil jejich pevné uchycení. Vymyšleno bylo několik způsobů a každý z nich prakticky ověřen. Důležitými faktory, při výběru vhodné varianty, se stala jednoduchost pro výrobu, snadná instalace a celková kvalita uchycení. Níže jsou stručně vypsány jednotlivé varianty a jejich výhody a nevýhody.

Přilepení – diodový pásek je možné z jeho vrchní strany potříť lepidlem a připevnit na rubní stranu oděvu, v němž lze vytvořit dírký, podle roztečí LED diod. Lepidlo musí být odolné vodě, nepoškozovat textilií a dostatečně dlouho udržet pevný spoj. Spodní strana tištěného spoje musela být překryta další vrstvou textilie, aby nedocházelo k tření o pokožku.

Výhody – snadná a rychlá aplikace

Nevýhody – nerozebíratelnost takového spoje

Suchý zip – na diodový pásek lze ze spodní strany nalepit jeden díl suchého zipu a na textilií, z lící strany oděvu, přišít protikus. Jelikož se jedná o aplikaci z lící strany, bylo by třeba dále vyřešit zakrytí pásku, který působil rušivě na design.

Výhody – snadná a rychlá aplikace, možnost rozebrání

Nevýhody – možnost strhnutí během používání

Spoj pomocí druků – na spodní stranu diodového pásku lze přilepit jeden díl druku, na lící stranu oděvu pak nalisovat protikus. Po celé délce pásku je potřeba takovýmto způsobem instalovat více druků, aby vznikl pevný spoj. Instalace pásku pak probíhá snadným spínáním a rozepínáním několika druků.

Výhody – snadná výroba, možnost rozebrání

Nevýhody – možnost stržení během používání

Tvorba kapsy – do textilie lze vytvořit kapsu, která je tvořena na míru pásku. Kapsa by měla mít z vrchní strany stejnou rozteč děr, jako je rozteč LED diod na pásku, aby nestínila jejich světlo. Další možností je vytvořit vrchní díl kapsy ze síťového, nebo průhledného materiálu, aby nenastávalo překrytí LED diod.

Výhody – možnost rozebrání, jednoduchá výroba

Nevýhody – žádné nebyly nalezeny

Nažehlení – tvorba pásku z nažehlovací textilie, na které jsou vytvořeny díry v rozteči, jako je vzdálenost LED diod na pásku. Z vrchu je pak tento pásek textilie přilepený k diodovému pásku a přečnívající konce lze nažehlít na oděv.

Výhody – dobrá ochrana před utržením

Nevýhody – nerozebíratelnost takového spoje

Přípevnění pomocí zipů – tištěný obvod lze přilepit k pásku textilie, která je z obou stran opatřena zipem. Na oděvu je nutné, v určené rozteči, přišít protikusy zipů a jednoduchým způsobem pak textilní pásek s diodami připevnit.

Výhody - možnost vyjmutí tištěného spoje před údržbou

Nevýhody – složitost na výrobu

Jako nejlepší varianta se jevila možnost tvorby kapsy na oděvu, jejíž vrchní část je tvořena průhlednou vrstvou. Tento způsob přípevnění dostatečně chránil LED pásek před utržením a při otěru nedocházelo k jeho zachycení. Instalace i demontáž pásku byla také snadná. Dírkou uvnitř oděvu, která se nacházela uvnitř vytvořené kapsy, šlo velmi snadno pásky zasunovat i vysunovat. Tento způsob byl i velice jednoduchý na výrobu. Ostatní způsoby také splnily účel a šlo s nimi upevnit pásky na oděv, ale pouze výše popsaná varianta splňovala požadavky na snadnost výroby, rozebíratelnost a mechanickou ochranu. Proto byl jako jediný použit při výrobě prototypů.

12. 1 Tvorba kapes

Dále bylo nutné vyřešit, jaký materiál použít na vrchní část kapsy. Tvorba neprůhledného vrchního dílu, s dírami, se zdála nevhodná, při mírném posunutí pásku v kapse docházelo k překrytí části diod a utlumení svitu. Proto bylo experimentováno s použitým průhledného materiálu. Po průzkumu dostupných materiálů, připadaly v úvahu dvě možnosti. První variantou se stalo použití čiré plastové folie, která se v textilním průmyslu používá pro výrobu průhledných kapes, například u batohů. Jako druhá varianta přicházela v úvahu řídká síťovina, jež můžeme najít například v podšívkách různých bund, šustákových kalhot apod. Tento materiál je velice řídký, ale přitom pevný a dokáže propustit většinu světla. Bylo tedy nutné porovnat výhody a nevýhody obou variant, zjistit, která je pro výrobu vhodnější.



Obr. 30 a) Kapsa z fólie b) Kapsa ze síťoviny

Již při šití se ukázaly výhody síťoviny, ze které šla bez problému vytvořit kapsa. Fólie naopak praskala, trhala se a kapsa z ní šla vytvořit velmi obtížně. Po vytvoření obou variant byl subjektivně posouzen vzhled, kde opět lepší dojem vytvářela síťovina. Když byl použit materiál, barevně podobný oděvu, nebyly prázdné kapsy z dálky téměř vidět. Fólie naopak působila rušivě a byly vidět odlesky ve světle. Poslední zkouškou se stalo praní, při běžném pracím cyklu pro bavlnu. Zatímco síťovina obstála bez problému, na dlouhých segmentech fólie se vytvořily ohyby, které byly znatelné i po relaxaci a vyžehlení materiálu. Bylo tedy rozhodnuto, že pro další pokusy je vhodnější síťový materiál, jenž se jevil jako bezproblémové řešení.

13. Tvorba vodivých drah

Pro účely propojení jednotlivých segmentů LED diod a řídicího modulu, je potřeba zajistit takové spojení, které spolehlivě vede elektrický proud a má malý elektrický odpor. Dále je potřeba, aby implementované vodiče nesnižovaly komfort nositele, odolaly namáhání během praktického používání a údržby. V těchto situacích může dojít k jejich přetržení, nebo postupnému zvyšování elektrického odporu. U této aplikace připadaly v úvahu čtyři možnosti, které bylo možné realizovat v podmínkách šicí dílny, na katedře oděvnictví. Jednalo se o použití klasických elektrických vodičů, ve formě slabých jednožilových vodičů, vodivých stuh, a šití slabým měděným drátkem, nebo vodivou nití. V tomto kroku bylo potřeba uvážit, popřípadě vyzkoušet, jaké možnosti použít pro realizaci prototypů.

13.1 Vodiče

První možností bylo použití klasických slabých jednožilových vodičů, které se běžně používají v slaboproudé elektrotechnice. Jejich jádro je tvořeno kovovými drátky z mědi, nebo hliníku, které přenášejí elektrický proud. Obal je tvořen polymerní hmotou a jeho úkolem je elektricky izolovat vodivé jádro. Implementace do oděvu byla bezproblémová, stačilo našít na rubní straně tunýlky, kterými vodiče šlo provléknout. Z hlediska komfortu nošení nedošlo k výraznému zhoršení, i když vodiče, v těsném tričku, byly na pokožce cítit. Po vyprání v pračce, při běžném pracím cyklu, nedošlo k destrukci struktury a vodiče dál bezproblémově vedly elektrický proud. Elektrický odpor se také nezměnil. Proto byla tato možnost použita při výrobě prvního prototypu.

Charakteristiky vodiče:

Izolace – PVC

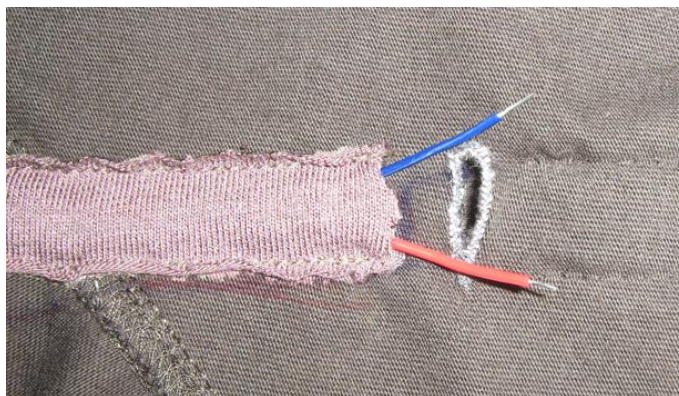
Vodič – OFC měď

Průřez jádra – 0,22 mm²

Vnější průměr – 1,2 mm

Jmenovité napětí – 49 V

Maximální teplota – 70 °C



Obr. 31 Jednožilové vodiče uvnitř struktury trička

13.2 Vodivé stuhy

Druhou možností je použití speciálních vodivých stuh, které jsou vyráběny přímo pro využití ve smart textiliích. Jedná se o textilní stuhy ze syntetického materiálu, v jejichž struktuře jsou vzájemně izolované dráhy vodičů, které jsou schopny vést elektrický proud. Jednotlivé filamenty, vodivého materiálu, jsou pokryty polyesterimidovou vrstvou, která je dokonale elektricky izoluje a nedochází tak ke zkratu, ani při vysoké vlhkosti materiálu. Je možné si vybrat z mnoha variant, lišící se použitými vodiči, jejich počtem ve stuzě, různými textilními materiály a barvami stuhy. Ve své podstatě se jedná klasické elektrické kabely, pouze je místo plastické izolace použito tkané stuhy, kterou lze lépe integrovat do struktury oděvu. Při praktických zkouškách byla použita dvouvodičová stuha, určená k napájení slaboproudých elektronických součástí. Stuhu pouze stačilo přišít vázaným stehem, na šicím stroji, k textilií a celý proces připevňování byl u konce. Z tohoto hlediska se jednalo o nejjednodušší řešení. Komfort nošení nebyl výrazně narušen, i když nositel cítil u těsnějšího trička jednotlivé stuhy na pokožce. Při zkoušce praní nedošlo k destrukci struktury a stuhy nezměnily svůj elektrický odpor. Odolnost při praní je i garantována výrobcem. Proto jich bylo také použito při výrobě dalších prototypů.

Vlastnosti vodivé stuhy:

Izolace – stuha ze 100% polyesteru, příze o jemnosti 167 dTex

Vodivá vlákna – 63 μm silná vlákna z mědi, v každé dráze 7 filamentů

Elektrický odpor – 6,5 Ω/m pro jeden filament

Proudové zatížení – 150 mA pro jeden filament

Praní na 60° C, maximální teplota při sušení 80° C



Obr. 32 Schéma vodivé stuhy

13.3 Vodivé nitě

Možné je také použít elektricky vodivé nitě, které jsou speciálně vyráběny pro použití ve smart textiliích. Jedná se o polyamidovou niť, která je postříbřena a díky tomu dokáže přenášet elektrický proud. Výrobce ale není schopný garantovat, že při dlouhodobém používání ve sportovním oděvu a hlavně pravidelné údržbě, si dokáže niť zachovat svojí elektrickou vodivost a nebude stoupat elektrický odpor. Také je nebezpečí, že steh může při tvrdším zacházení a praní prasknout. Oprava takové závady je u budoucího výrobku velice obtížná. Z předchozích výzkumů na katedře oděvnictví bylo zjištěno, že vodivá niť vykazuje elektrický odpor, který se za sucha pohybuje kolem 10 $\Omega/20\text{cm}$, za mokra kolem 30 $\Omega/20\text{cm}$. Po čtyřech pracích cyklech se pak tyto hodnoty zdvojnásobily. Také vznikl problém, že při větší vlhkosti oděvu docházelo k tomu, že jednotlivé dráhy byly vzájemně vodivé mezi sebou, což vytvářelo zkrat. Proto bylo rozhodnuto, že tento způsob vodivého propojení dál zkoumán nebude. [45]

13.4 Šití měděnými drátky

Poslední možností bylo šití vodivých drah slabými měděnými drátky. Měď je výborný materiál pro vedení elektrického proudu, proto je masově používán ve všech oblastech elektrotechniky. Tato možnost byla také zkoumána v předchozích výzkumech na katedře oděvnictví. Vodivý steh lze vytvořit pomocí lakovaného drátku, o průměru 0,118 mm. Z důvodu trhání, v uchu jehly, se jevila jako nejlepší možnost použít měděný drátek jako spodní niť a na vrchní klasikou bavlněnou niť. Bylo možné vytvořit stehy 300, 301, 400 a 401. Elektrický odpor se lišil podle použitého stehu, přičemž u nejlepšího stehu 301 byl naměřen kolem $1 \Omega/20\text{cm}$, což nebrání praktickému využití. Problémem se ale stala malá pevnost, kdy byl steh po prvním praní vždy přerušen. Je tedy potřeba dále zkoumat, jakým způsobem stehy vytvářet, s ohledem na jejich mechanickou odolnost, než jich bude využito v dalších aplikacích. Proto nebyla ani tato možnost použita při dalších pokusech. [45]

14. Možností propojení vodivých drah

Vodivé dráhy mají za úkol přenášet elektrickou energii, z napájecího členu, do pásků LED diod. Je tedy potřeba zajistit, aby jeden konec vodiče byl vhodným způsobem zapojen do ovládacího modulu a také vytvořit vodivé rozhraní mezi druhou stranou vodiče a páskem LED diod. Nejjednodušeji lze vytvořit nerozebíratelné spojení, kde by se pevně sletoval vodič s ovládacím modulem a na druhé straně naletoval vodič do vytvořených kontaktů, v LED páscích. V základním návrhu je však uvažováno s tím, že ovládací modul i LED, budou před praním demontovány. Proto bylo potřeba vytvořit rozebíratelné spojení, které toto umožní. Takovéto spojení musí být dostatečně pevné, aby nedocházelo k rozpojení během používání, dále by nemělo zvyšovat elektrický odpor celého obvodu a samozřejmě nesmí dojít k jeho destrukci během praktického používání a údržby. Po průzkumu různých možností, jak toto propojení realizovat, přicházely v úvahu dvě varianty. Použití konektorů, které se využívají ve slaboproudých zařízeních, nebo realizovat propojení pomocí spojovacích oděvnických prvků, které jsou elektricky vodivé. Konkrétně lze využít nýtovacích druků.

14.1 Elektronické konektory

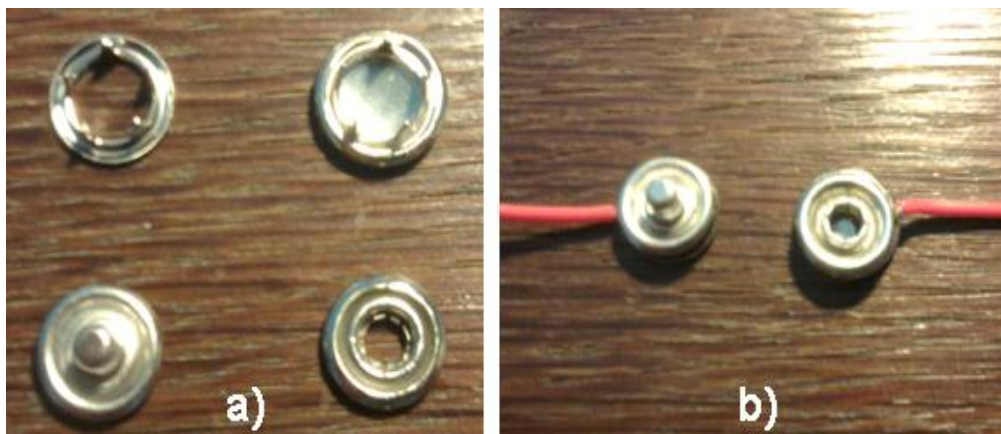
Elektronické konektory jsou velice jednoduchým řešením. Při realizaci spojení s vodiči, je potřeba pouze odizolovat jednotlivé dráhy a naletovat je do předem připravených kontaktů v konektoru. Na připojovanou součást pak nutné naletovat protikus konektoru a můžeme oba kusy propojit. Takovéto spojení nabízí kvalitní přenos signálu, bez většího elektrického odporu. Tyto součástky jsou ale konstruovány pro použití v slaboproudé elektrotechnice a není odzkoušeno, jak se budou chovat ve struktuře oděvu.



Obr. 33 Elektronické konektory použité v oděvu (dvoupinový, micro USB B)

14.2 Druky

Použití nýtovacích druků je také možné, tyto součástky jsou z vodivého kovu a dokáží přenášet elektrický proud. Jsou navíc konstruovány přímo na použití v oděvech, pro realizaci rozebíratelných spojů. Takže nehrozí jejich destrukce při používání a údržbě. Nevýhodou naopak je, že nejsou vyráběny pro přenos proudu, mají větší elektrický odpor a nepřenáší tak kvalitně signál. Při výrobě vodivého spojení s vodiči, je potřeba do druků letovat, což je velmi složité, protože nemají pro tuto činnost přizpůsobenou konstrukci.



Obr. 34 Spojení drůky a) Sestava b) Realizace

15. Řídící elektronika

Elektrické příslušenství bylo poskytnuto Katedrou oděvnictví, která zajišťovala návrh a výrobu celých ovládacích modulů.

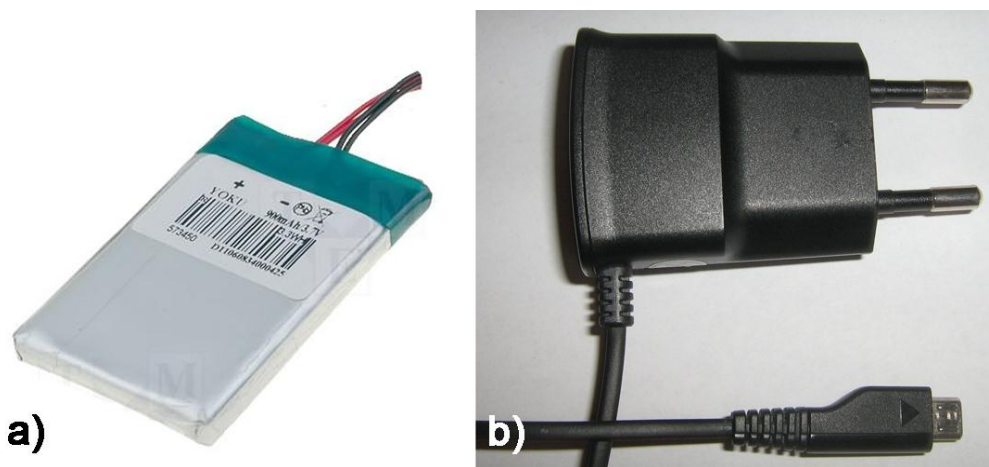
Jak bylo popsáno v části 9., řídící elektronika má za úkol zajišťovat chod celého systému. Skládá se ze dvou modulů. Jeden modul je umístěn na jízdním kole a zpracovává signály přijaté od senzorů, které reagují na brždění a změnu směru při odbočování. Tyto signály zpracovává a bezdrátově odesílá do druhého modulu v oděvu, který na jejich základě a řídí svit LED diod. Oba moduly se skládají ze stejných základních částí- akumulátor, deska s řídící elektronikou a bezdrátový komunikační člen. Přičemž rozdílná je pouze konstrukce řídících desek, kdy jedna z nich obsahuje digitální vstup, pro příjem signálů ze tří senzorů na bicyklu. Druhá výstup pro napájení čtyř sekcí akčních členů v tričku.

Moduly mají kompaktní rozměry, umožňující snadnou integraci do oděvu a montáž na jízdní kolo. Elektronické součásti jsou vloženy univerzální elektronické krabičky KM-100A/B, o šířce 46 mm, délce 73 mm a tloušťce 17 mm, které je chrání před mechanickým poškozením. V oděvu je modul zasunut v kapse, na rubní straně, nacházející se u spodního lemu trička, na levém boku. Na bicykl je pak nutné osadit krabičku připínacím klipem, který umožní snadné připnutí a odepnutí, protože je potřeba modul sundat při dobíjení akumulátoru a může hrozit i jeho odcizení při parkování na veřejném místě.

15.1 Akumulátor

Napájení je realizováno Li-pol akumulátorem, od firmy YOKU, o kapacitě 900 mAh. Poskytuje napětí 3,7 V a maximální proud 1 C. Deklarovaná výdrž je 300 cyklů nabití a vybití. Délka 50 mm, šířka 34 mm, tloušťka 5,7 mm, hmotnost se pohybuje kolem 18 g. Tyto akumulátory jsou umístěny v obou modulech, mají vhodné charakteristiky pro napájení řídicí elektroniky a dokáží zajistit několikahodinový svit LED diodových sekcí.

Nabíjení musí být realizováno ze zdroje napětí, s omezením nabíjecího proudu, přičemž je potřeba velmi přesně dodržet konečné nabíjecí napětí, s přesností na 1%. Při nižším napětí dojde k neúplnému dobití, při překročení potřebného napětí dojde ke zkrácení životnosti. U těchto akumulátorů je potřeba zajistit konstantní napětí 4,1 V a maximální proud 0,5 C. Pro nabíjení lze, v této aplikaci, použít nabíječky mobilních telefonů, jež obsahují Li-pol články se stejnými charakteristikami. Konkrétně je používána nabíječka Samsung ETAOU10EBE.

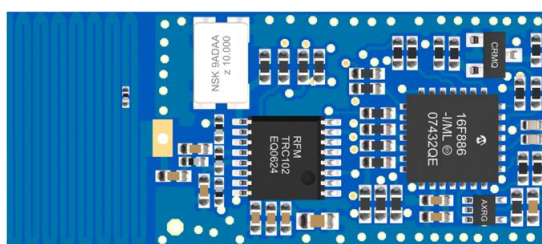


Obr. 35 a) Akumulátor b) Nabíječka

15.2 RF komunikace

O přenos se na obou modulech starají bezdrátové moduly TR-52AB, které jsou vyrobeny v SMD provedení. Jedná se o radiofrekvenční zařízení, s vlastním operačním systémem a procesorem (IQRF), o velikosti SIM karty, s vestavěnou anténou, nebo

možností připojení koaxiální. Moduly pracují na frekvencích 868 a 916 MHz. Tyto zařízení mají 6 digitálních a 2 analogové vstupy/výstupy. Pro svoji práci spotřebují malé množství elektrické energie (při vysílání max. 24mA, přijímání max. 13 mA, v klidovém modu pak 1 mA), při napětí mezi 3,1 – 5,3 V. Maximální přenosová rychlost dat je 19,2 Kb/s, výstupní výkon až 5 dBm a data lze přenášet na vzdálenost až 700 m. Díky svým malým rozměrům, přenosovým charakteristikám a inteligenci systému se jedná o vhodný komponent pro tuto aplikaci.



Obr. 36 Bezdrátový komunikační člen

15.3 Řídící obvod

Funkci celého systému zajišťující řídicí obvody, které jsou vyrobeny v SMD provedení na malých plošných spojích. Elektronická schémata vysílače a přijímače jsou uvedena v příloze 1.

Vysílač povelů (TX) je opatřen jedním micro USB B konektorem, do kterého jsou zapojeny obvody senzorů. Přes tento konektor je také možné nabíjet akumulátor, kdy se nabíjení aktivuje pouhým připojením nabíječky. Spoj je osazený mikrominiaturními LED diodami, které fungují jako informační výstup.

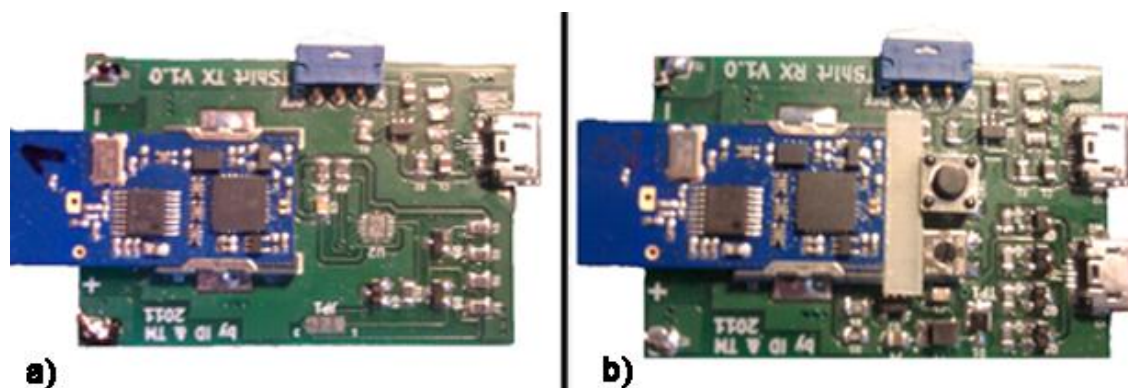
Obvod U1 zodpovídá za nabíjení Li-Pol akumulátoru. Nabíjecí proud je nastavován odporem R1 na hodnotu 100 mA. Větším proudem by se mohl vybitý akumulátor přehřívat a USB zařízení nesmí odebírat vyšší proud. Informace, o stavu nabíjení, poskytují dvě LED diody D2 a D3, které jsou zapojeny s odpory R2 a R3. Rozsvícená červená LED značí probíhající nabíjení, zelená pak plné dobití. Po odpojení nabíječky pak nesvítí žádná.

Obvod je dále osazen SIM paticí X1, do které je zasunut výše popsáný bezdrátový modul TR-52 BA. Ke konektoru X2 jsou připojena uzemněná tlačítka (senzory brzd a odbočování), která jsou snímána příslušnými vstupy a přes diody D4 a D5 aktivují přerušování mikrořadiče, kdy dojde k probuzení z režimu spánku.

Pozice U2, s tranzistorem Q1, je připravená pro případné umístění trojosého digitálního akcelerometru SMB 380, přes který by mohlo být ovládané brzdové světlo. Funkci akcelerometru je možné deaktivovat a volit mezi manuálním spínáním, nebo automaticky. Tuto možnost je ale nutné dále zkoumat a testovat, protože může docházet k falešným signálům, například při najetí na nerovnost.

Přijímač a budič LED (RX) je opatřen dvěma konektory micro USB B. Jeden slouží k nabíjení akumulátoru a do druhého jsou připojeny čtyři sekce LED diod, kde piny 1,2,3,5 tvoří anody, jednotlivých připojených sekcí a pin 4 je společná katoda. Funkce obvodu U1, pro nabíjení, je totožná jako u předchozího modulu. Tlačítkem SW2 lze zvolit režimy varovného blikání jednoho pásku LED diod (vypnuto/blikání zapnuto). Pro napájení LED pásků je potřeba generovat napětí 12 V, přičemž akumulátor poskytuje pouze 3,7 V. Proto je zde obvod U2, který s L1, D1, C4 a odporovým děličem, plní funkci zvyšujícího měniče, generující 12 V. Přítomný je také trimr R6, kterým lze měnit napětí a tím zvyšovat, či snižovat, jas LED diod. Měnič je spouštěn podle potřeby signálem z mikrořadiče, aby nezatěžoval akumulátor. Spínání LED sekcí je realizováno tranzistory Q1-Q4. Obvod také obsahuje SIM patici pro připojení bezdrátového modulu TR-52AB, který zjišťuje, zda nepřichází povel od druhého modulu. Je periodicky zapínán a vypínán, aby byla snížena spotřeba proudu.

Na obou rádiových modulech jsou přítomny mikrominiaturní LED diody, které signalizují vysílání, nebo přijímání modulu a dále je možné podle barvy rozpoznat stav akumulátoru. Zelená barva znamená dostatečné napětí, zároveň rozsvícená zelená a červená téměř vybito. Pokud svítí pouze červená, je potřeba akumulátor nabít.



Obr. 37 Řídicí moduly a) Vysílač na bicyklu b) Přijímač v oděvu

16. Prototyp č. 1.

Dalším krokem, v praktické části, se stala výroba prvního prototypu. Na něm bylo důležité vytvořit si první představu o tom, jak by měl celý systém v praxi vypadat, fungovat a ověřit si předchozí předpoklady. Bylo použito některých konstrukčních prvků, které se zdály v předchozích krocích jako vhodné pro použití. Jako oděv, pro integraci elektroniky, posloužilo klasické pletené bavlněné tričko, velikosti L. Cílem bylo vytvořit funkční strukturu, s průhlednými kapsami ze síťoviny, propojením realizovaným pomocí slabých jednožilových vodičů, svítícími LED pásy, řídicím modulem, při použití elektronických konektorů pro propojení. Tato struktura pak musela postoupit praktické zkoušky, zda vydrží celý systém funkční po oblékání, svlékání, běžném nošení a prudších pohybech. Pokud by systém vydržel, zkoumaly by se dále jeho elektronické charakteristiky.

Jako první přišla na řadu výroba kapes. Protože je potřeba, aby kapsy byly uzavřené a vodiče od LED pásek vedly skrytě v oděvu, bylo nutné nejdříve, na předem stanovených místech, vytvořit knoflíkové dírkky. Těmito otvory lze do kapes zasunovat, nebo vysunovat pásy. Zároveň jimi vedou na rubní stranu drátky s konektorem, pro přívod napájení. Po vytvoření dírek se našly uzavřené kapsy ze síťoviny, o šířce cca. 1,5 cm a délce odpovídající rozměru jednotlivých sekcí.



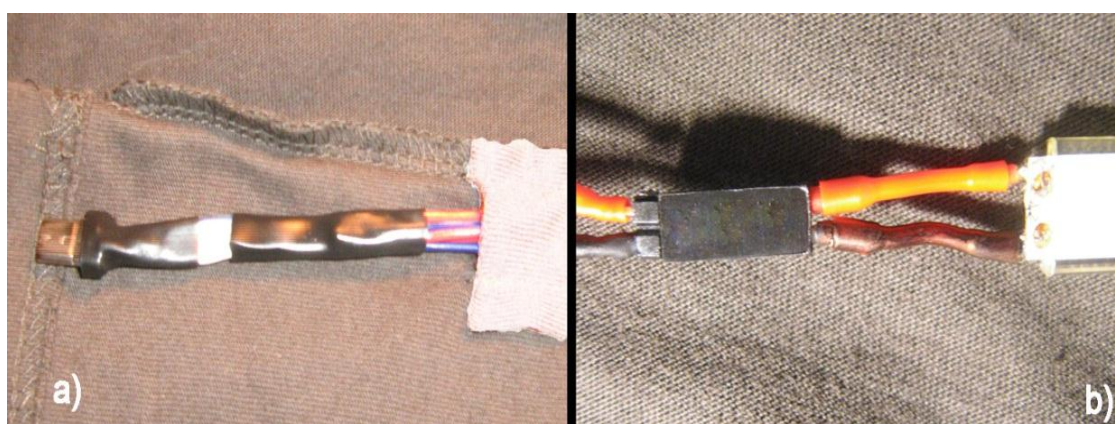
Obr. 38 Kapsy pro LED pásy (částečně rozpáraná pro lepší názornost)

Od vytvořených kapes bylo dále potřeba vytvořit tunýlky pro vodiče. U každé dírky, z rubní strany za kapsou, byly přišity pásy bavlněné pleteniny, které tvořily tunýlky o šířce 1 cm. Mezi začátkem tunýlku a kapsou, se nechal volný prostor přibližně 1 cm, ve kterém bylo možné povysunout oba kusy konektoru a zapojit je do sebe. Tunýlky, od všech čtyřech kapes, byly vedeny do části pod levým podpažím, kde ústil vytvořený centrální tunel, do kterého se vodiče sbíhaly a vedly do spodní části trika, kde se nacházela vytvořená kapsa pro řídicí modul.



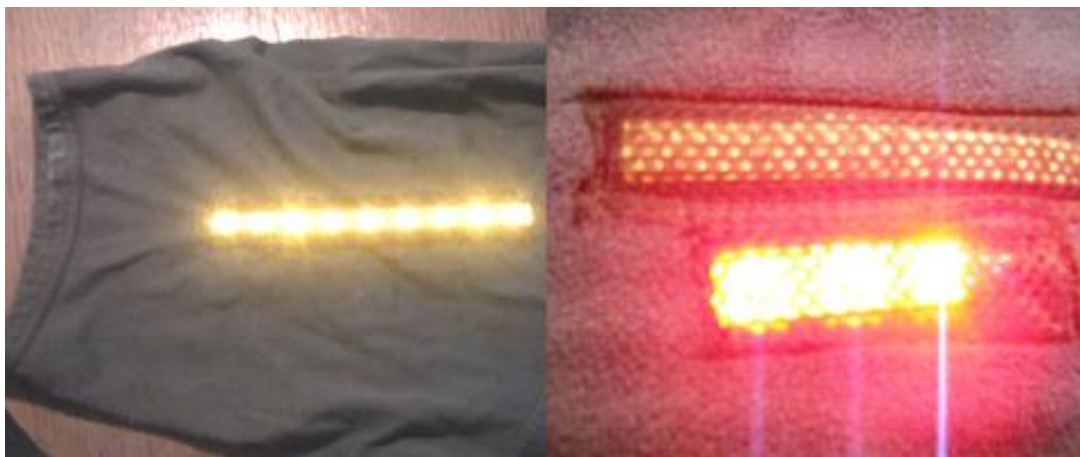
Obr. 39 Přišité tunýlky na rubní straně, pro vedení vodičů

Dále přišla na řadu tvorba elektronické části. LED pásy zatím nebyly nijak upravovány, pouze se musely na jedné straně obnažit kontakty plus a mínus, protože celý pásek je zalitý v polymerní hmotě. Na tyto kontakty se naletovaly dva krátké vodiče, jejichž druhý konec vedl do konektoru. Druhý protikus konektoru byl naletován na dva dlouhé kusy vodičů, které se musely následně protáhnout připravenými tunýlky v oděvu. Po protažení všech vodičů, od kapes skrze tunýlky, byl na jejich konce naletován konektor micro USB B, což byl poslední výrobní krok a mohlo se přistoupit ke zkoušení.



Obr. 40 Konektorové spojení a) Micro USB b) Dvoupinový konektor v LED pásku

Po zapojení a zprovoznění modulů elektronická část fungovala bez problémů, diody reagovaly na povely z řídících modulů. Dále přišla na řadu zkouška mechanické odolnosti, která ale nedopadla dobře. Již při oblékání byla slyšet zapraskání, která naznačovala, že došlo k přetrhání kontaktů. Při následném pohybu popraskaly další kontakty a ani jedna sekce nesvítila. I samotné nošení bylo nepříjemné, protože v oděvu bylo nataženo cca. 5 metrů vodiče, což způsobilo značné zvýšení jeho hmotnosti a zhoršení komfortu. Po svlečení a prohlédnutí závad, bylo zřejmé, že v důsledku napínání došlo k rozpojení některých konektorů. Tam, kde konektory nebyly rozpojeny, došlo k vytržení vodičů z pásek LED diod.



Obr. 41 Rozsvícené sekce a) Rukáv b) Záda

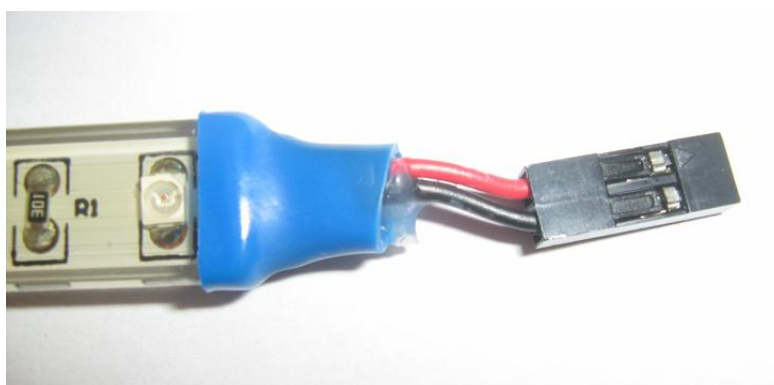
Při hledání příčin tohoto neúspěchu vyšlo najevo, že hlavním problémem je použití nevhodných vodičů. Při nošení a pohybu dochází k deformaci oděvu, zatímco vodič si stále zachovává svoje rozměry. Pletenina, která tvoří tričko, je schopná velkého protažení, zatímco vodič téměř žádného. Při napnutí oděvu je tak vodič vystaven velkému pnutí, které se projeví defektem na nejslabším místě – tedy konektoru, nebo letovaném spoji. Řešením by bylo použít kroucený vodič, nebo vytvořit v určitých částech oděvu smyčky, které se napnou při deformaci. To by ale dále zvýšilo hmotnost a snížilo komfort. Bylo tedy nutné hledat jiné alternativy vedení elektrického proudu. K měření elektrických charakteristik už přistoupeno nebylo.

17. Prototyp č. 2.

Při výrobě dalšího prototypu bylo potřeba vyřešit předchozí problémy, aby elektrické obvody, uvnitř oděvu, zůstaly funkční i během působení mechanického namáhání, při oblékání a nošení. Pro výrobu bylo opět použito bavlněné tričko z pleteniny, velikosti L. Z předchozího prototypu zůstala zachována výroba kapes ze síťoviny, ale musely se dále upravit pásy LED diod, aby nešlo tak snadno vytrhnout napájecí vodiče z kontaktů v tištěném spoji. Dále místo kabelových vodičů, uvnitř oděvu, byly použity vodivé stuhý. V poslední fázi přišla na řadu realizace řešení, jak všechny kontakty, z vodivých

stuh, které se zbíhají k ovládacímu modulu, napojit na micro USB B konektor. V případě úspěšné výroby se znovu prováděly testy mechanické odolnosti.

Jako první přišla na řadu úprava LED pásků. Obnažené konce neposkytovaly dostatečnou ochranu pro kontakty a navíc tudy mohla pronikat dovnitř vlhkost, protože uříznutím izolace se narušila vodotěsná ochrana. Jako nejlepší řešení, tohoto problému, se ukázalo použití tavné pistole, kterou byl vytvořen polymerní bloček, kolem obnažených kontaktů. Bloček zakrýval nejen kontakty, ale přesahoval cca. 5 mm pásek, čímž byly částečně zality i přiletované vodiče. Tím se dále snížilo možnost jejich vytrhnutí. Přes takto vytvořenou ochranu byla ještě natažena teplem smršťovací bužírka, která vzniklou ochranu dále zesílila. Nyní už pásky vydržely při tahových silách, které běžně v oděvu vznikají a byla tím zajištěna i ochrana proti vlhkosti. Takto upravený pásek svítil, i když byl celý ponořen, po dobu jedné hodiny, pod vodní hladinu.



Obr. 42 Upravený konec s kontakty na pásku LED diod

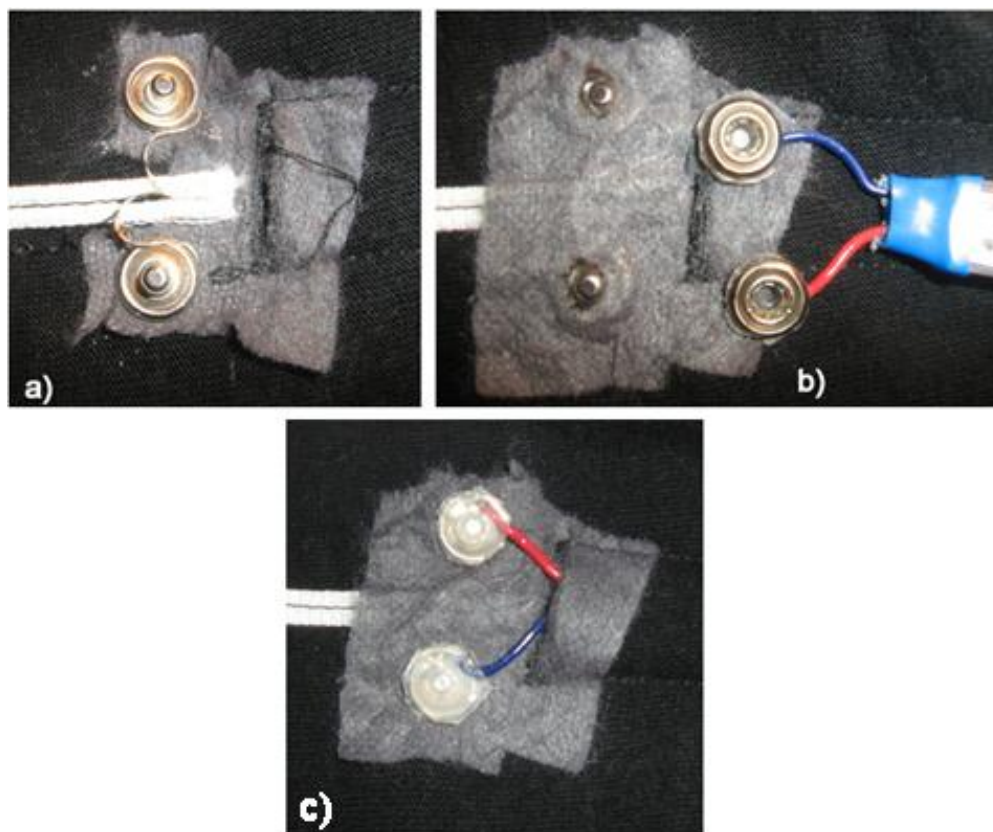
Tvorba vodivých drah, pomocí speciálních stuh, probíhala bez problémů. Od každé kapsy stačilo navést stuhu po rubní straně trička, k levému boku pod podpaží a poté je svést vedle sebe, k vytvořené kapse pro řídicí modul. Stuhy byly takto nejprve přichyceny špendlíky, aby se dosáhlo jejich optimálního rozmístění a pomocí vázaného stehu, vedoucím prostředkem stuhy, přišity šicím strojem k tričku.



Obr. 43 Vodivé stuhy na tričku

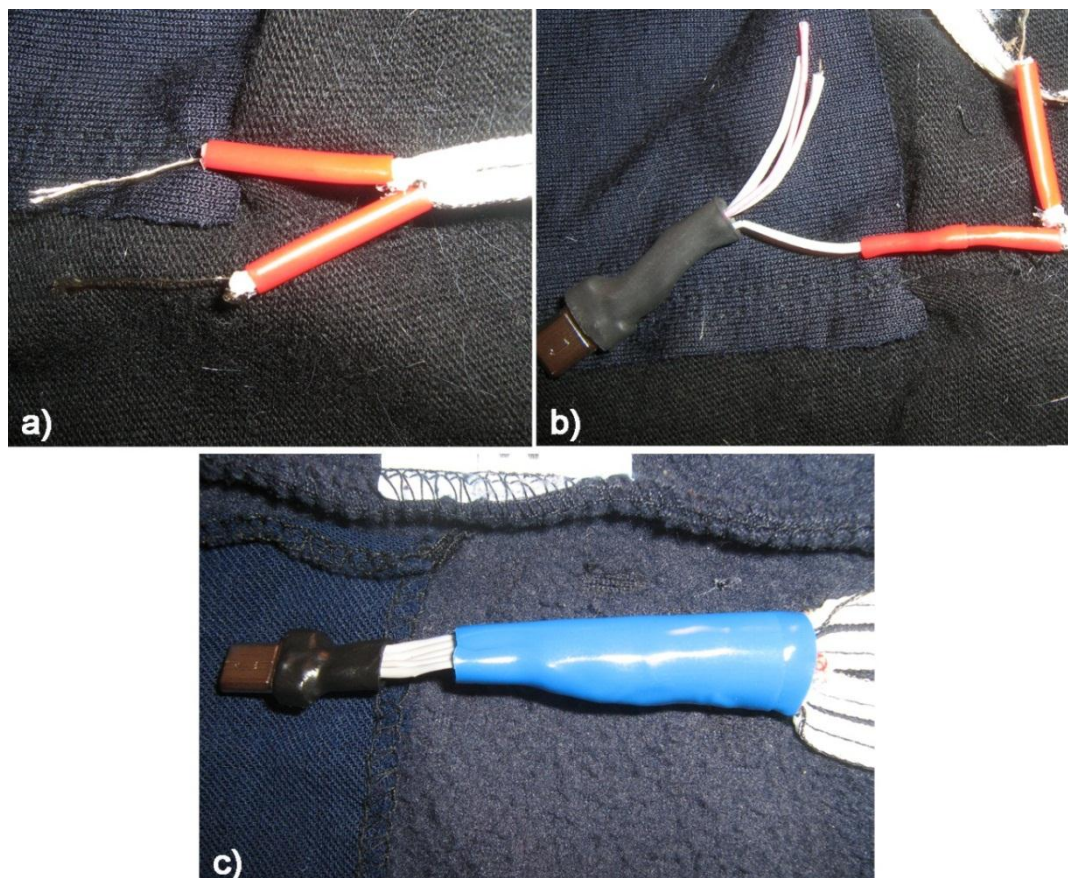
V dalším kroku probíhalo letování konektorů na konce vodivých stuh. Nejprve bylo přistoupeno k tvorbě kontaktů na koncích, kam se připojovaly LED pásy. V prvním kroku byly odizolovány oba vodiče ve stuze. To znamenalo odpárat kousek textilního materiálu stuhy, jež tvořil izolaci vnitřních vodičů. Na obnažené vodiče bylo už pak jednoduché naletovat konektor. Ukázala se ale nepraktičnost tohoto řešení, protože stačila malá síla k odtržení konektoru a přetržení slabých drátků ve vodivé stuze. Takovéto řešení by nevydrželo při praktickém používání. Bylo tedy nutné hledat jiný způsob, jak vytvořit konektory na stuhách.

Řešením tohoto problému se stalo použití oděvnických druků, místo elektronických konektorů. Obnažené konce vodivé stuhy byly naletovány do jednoho kusu druku, který se následně přiložil k rubní straně trička (viz. obr. 44a). Do něj byl poté z lící strany naletován protikus druku, čímž byla stuha pevně ukončena. Přes obnažené drátky se pak umístila nažehlovací textilie, pro jejich ochranu (viz. obr. 44b). Za drátky, vedoucí ze stuhy, tak nešlo tahat, protože byly pevně přichyceny ke struktuře pleteniny trička. Na LED pásy se také naletoval připínací protikus druku, který je určen k připínání na část, kterou se ukončily vodivé dráhy na tričku. Tím vzniklo vodivé spojení mezi stuhou a diodami, které bylo možné spínat a rozepínat.



Obr. 44 Konektory z druků a) Naletované kontakty ze stuh v druku b) Překrytí textilií c) Připnutý pásek LED diod

Déle bylo nutné připevnit, k druhému konci všech vodivých stuh, které vedly k ovládacímu modulu, konektor micro USB B. Také se nejednalo o snadnou úlohu, muselo se vytvořit pevné spojení, které bránilo přetržení letovaných kontaktů, nebo vytržení drátků ze stuh. Tvorba probíhala tak, že se nejdříve jednotlivé vodiče, ve stuhách, od sebe rozstříhly, stuhy tak byly rozpůleny. Vodiče stále zůstaly v textilní izolaci. Přes tyto půlky byly nataženy slabé smršťovací bužírky, které tak zpevnilly konce stuhy (viz obr. 45a). Ze smršťovacích bužírek zůstaly ponechány cca. 1 centimetr dlouhé kusy obnaženého vodiče. Na tyto obnažené konce byly naletovány krátké kusy jednožilového vodiče s USB konektorem. Letovaný spoj se také překryl teplem smršťovací bužírkou (viz. obr. 45b). Až byly takto naletovány všechny kontakty, natáhl se přes ně kousek smršťovací bužírky, o větším průměru, který je pevně stáhl k sobě (viz. obr. 45c). Takto vzniklé ukončení vodivých stuh odolá i větším tahovým silám.



*Obr. 45 Tvorba ukončení na USB a) Obnažené konce stuhy b) Letování k USB
c) Hotový konektor*

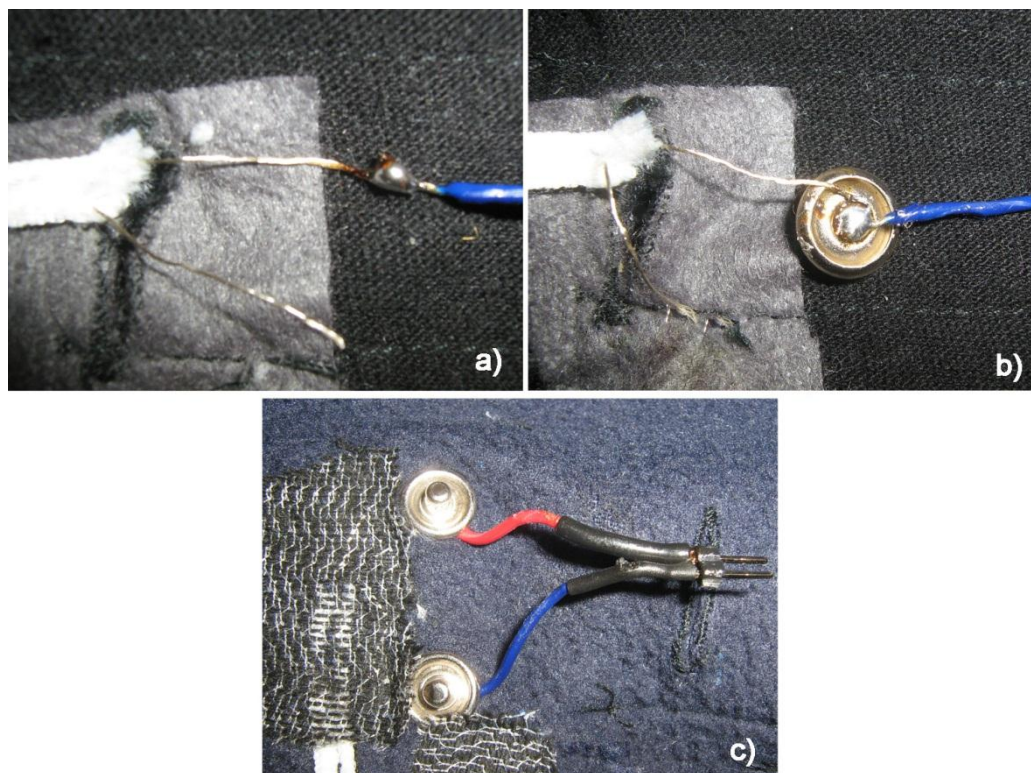
Tímto vznikl druhý prototyp, který byl připraven k praktickým testům. Po propojení všech diodových sekcí, do ovládacího modulu, vše fungovalo bez problému a jednotlivé sekce reagovaly na povely. Při oblékání trička nedošlo k žádnému poškození a také během pohybu a jízdy na kole, nedošlo k defektu a zhasnutí žádné sekce. První mechanické zkoušky vydržela struktura bez poškození. Drobné problémy ale tvořily druky. Propojení pomocí nich nebylo ideální. Při letování docházelo vždy k natečení cínu do části, která pruží během spínání a rozepínání. Bylo pak velmi těžké oddělit od sebe oba protikusy. Letování vodičů do kusu, umístěného na LED pásek, bylo velmi složité a nevhodné pro hromadnější výrobu. Spojení navíc nebylo dokonalé, protože oba protikusy do sebe zapadly, ale docházelo k viklání, čímž byl narušován přenos elektrického proudu. Bylo tedy potřeba toto spojení upravit.

18. Prototyp č. 3

Při výrobě tohoto prototypu bylo snahou odstranit nedostatky, které se projevovaly u předchozích řešení a vytvořit takový oděv, který již bude možné testovat nejen mechanicky při oblékání a nošení, ale i při údržbě praním, několika cykly v pračce. Zachována bylo řešení výroby kapes ze síťoviny, použití vodivých stuh, pro vedení napájení do LED sekcí a předchozí způsob ukončení do micro USB konektoru. Upravit se musel pouze způsob, jak propojit vodivé stuhy s jednotlivými LED sekcemi. Jako oděvu, pro implementaci elektroniky, se tentokrát nepoužívalo trička, ale byla použita vesta se zipem. Ta se zdála jako vhodnější řešení, z hlediska snadnějšího přístupu k ovládacímu modulu během používání a menšímu namáhání vodivých drah během oblékání a svlékání.

Tvorba vodivého propojení stuh a LED diod, řešené čistě pomocí konektorů, nebo druků, přinesla řadu výhod i nevýhod. Stuhy je potřeba pevně ukončit, aby jejich vnitřní vodiče nebyly vystavovány tahovému napětí, což umožňují druky, ale zároveň konektory poskytují kvalitnější řešení po stránce elektronické a lépe se spojují a rozpojují. Možným způsobem, jak využít výhod obou řešení a eliminovat nevýhody, se stala kombinace obou způsobů.

Podstatou tohoto řešení je ukončení vodivé dráhy drukem, z něž vede krátký kousek jednožilového vodiče, který je naletován do konektoru. Při přípravě tohoto řešení je potřeba ukončit šití vodivé stuhy malý kousek od dírky, z níž vedou kontakty LED pásků, přičemž kousek stuhy přesahuje nepřišitý. Z tohoto přesahujícího kousku je potřeba odstranit textilní materiál a obnažit oba kovové vodiče. Dále je nutné připravit si kousky vodivého jednožilového vodiče, odstranit z konců izolaci a společně sletovat s kontaktem ze stuhy (viz. obr 46a). Takto vzniklý spoj se dále naletuje do druku (viz. obr. 46 b), který se přiloží na rubní stranu. Z lící strany se umístí protikus druku a oba kusy se slisují. Tímto vzniklo pevné ukončení stuhy, z kterého vede kousek jednožilového vodiče, který je třeba naletovat na konektor. Spoj na konektoru pak stačí zaizolovat teplem smršťující bužírkou (viz. obr. 46c) a lze zapojit do LED diod. Je nutné, aby vodič, vedoucí u druků, byl dostatečně dlouhý, aby se dokázal natáhnout v případě deformace oděvu. Tento přesah pak dokáže kompenzovat rozměrové změny při natahování oděvu, čímž nehrozí samovolné rozpojení konektorů.



Obr. 46 Ukončení vodivé stuhy a) Sletování s jednožilovým vodiče

b) Naletování do druku c) Hotový konektor

Po vyřešení problémů s konektory, byla vesta dodělána stejným způsobem, jako u prototypu č.2. Pouze byl navíc na rubní straně našit velký kus textilie, který překrýval z rubní strany většinu zadní části vesty. Na spodní straně textilie byl našit suchý zip, který umožnil toto ochrannu snímat.

Opět přišla na řadu zkouška funkčnosti celého systému. Vše fungovalo bez problémů. Obvody vydržely při oblékání, svlékání a prudších pohybech. Demontáž diodových pásek šla provádět bez problémů, pouze stačilo lehce rozepnout konektor a vysunout pásek skrze knoflíkovou díрку. Montáž probíhala opačným způsobem. Po dokončení byl změřen elektrický odpor ve všech drahách, jež se pohyboval v rozmezí hodnot 3 -8 Ω , což dále podpořilo využití tohoto řešení.

Při prvních orientačních zkouškách obstál tento prototyp velice dobře, proto byl použit při následných plnohodnotných testech, které dále ověřila jeho odolnost v různých situacích a údržbě.



Obr. 47 Prototyp č.3 a) Obvody uvnitř oděvu b) Překrytí obvod c) Funkce

19. Údržba a praktické zkoušky

Pro oděv, který je využíván při sportovních aktivitách, je nezbytné, aby mohl být často udržován. Při používání se dostane do kontaktu hlavně s potem a také se může v různých situacích snadno znečistit. Při výrobě prototypů, bylo jedním z požadavků, aby celý systém vydržel funkční i po praní v pračce. Proto bylo potřeba vyzkoušet, zda se podařilo tento požadavek splnit. Dále bylo nutné vyzkoušet, jak dlouho vydrží tričko světelně signalizovat a jak bude signalizace účinná v silničním provozu.

Hotový a funkční oděv byl tedy podroben zkoušce, v jakém stavu zůstane po několika standardních cyklech praní. Vždy, po určených počtech cyklů, bylo hodnoceno vizuálně, zda nedošlo k nějakému viditelnému defektu, poté byl oděv usušen. V suchém stavu byla vyzkoušena funkčnost a změřen elektrický odpor jednotlivých drah. Měření probíhalo od

jednotlivých kontaktů, v USB konektoru, až po piny v konektorech na koncích vodivých stuh. Celkový počet pracích cyklů byl 10, měření elektrického odporu pak probíhalo po jednom, třech, šesti a desíti cyklech. Mezi jednotlivými cykly byl vždy oděv dokonale usušen. V pračce automatické Samsung WF-F1062 se vždy nacházely další kusy prádla. Vesta byla umístěna v prací síťce, protože je nebezpečí, že se může konektor zachytit do jiného kusu prádla a vytrhnout se.

Prací cyklus – 25 ml pracího prášku, teplota 40° C, odstředění při 800 ot/min, celková doba praní 37 minut, celkově 2,5 kg prádla

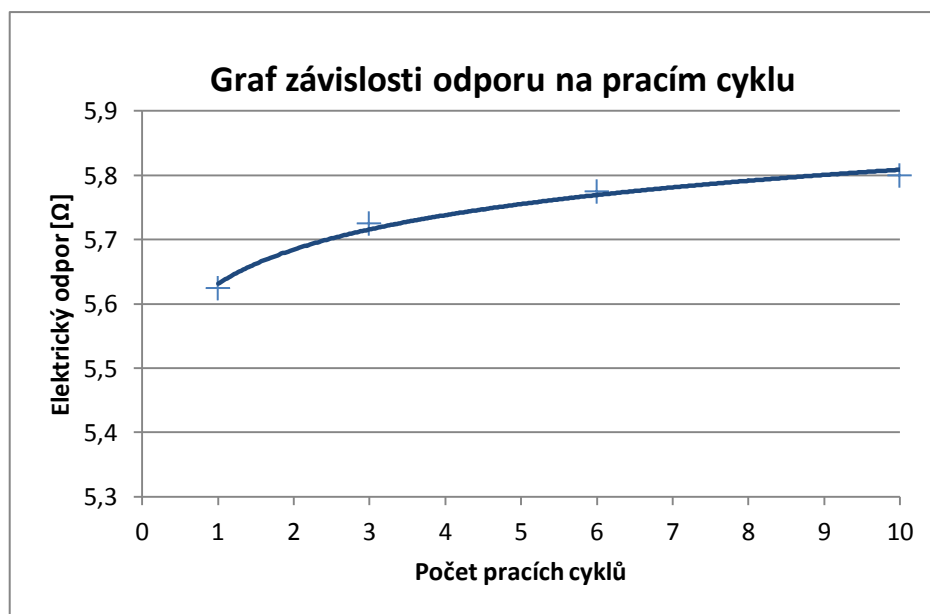
Dráha	Elektrický odpor (Ω)				
	1 praní	3 praní	6 praní	10 praní	δ_{1-10} (%)
L+	3,9	3,9	4	4,1	5,13
L-	3,8	3,9	3,9	3,9	2,63
P+	8,8	9,2	9,2	9,1	3,41
P-	6,3	6,3	6,4	6,5	3,17
BR +	4,9	5	4,9	5	2,04
BR -	5,1	5,1	5,2	5,2	1,96
BL +	6,4	6,4	6,5	6,5	1,56
BL -	5,8	6	6,1	6,1	5,17
\bar{x}	5,625	5,725	5,775	5,8	3,11

Tab. 5 Odpory jednotlivých drah (L – levá, P – pravá, BR – brzda, BL – blikáčka)

Během praní nedošlo k žádným k žádným výrazným defektům, které by znemožnili funkčnost systému, po všech pracích cyklech vesta svítila. Důležitou roli sehrály templem smršťovací bužírky, které dokázaly všechny letované kontakty pevně stáhnout a znemožnit jejich ohýbání do kritických úhlů, při jejichž opakovaném dosažení by praskly.

Elektrický odpor, jednotlivých drah, se zvýšil jen velice málo. Mezi stavem, po jednom a po deseti praních, stoupl nejvíce v levé blikáčce, na minusové dráze. Konkrétně stoupl o 0,3 Ω , což činí zvýšení o 5,17%. Vzhledem k tomu, jakému namáhání byly dráhy při praních vystaveny a že se na každé z nich nacházejí čtyři

letované spoje, není zvýšení odporu nijak výrazné. Důležité také je, že nedocházelo k zásadnímu zvyšování odporu mezi šesti a desíti cykly (viz. graf 1), což naznačuje, že by odpor dále neměl výrazně stoupat. Různé hodnoty odporů, pro jednotlivé dráhy, jsou zapříčiněny jejich různými délkami drah. Rozdíly jsou také zapříčiněny nedokonalostmi při letování kontaktů. V tomto ohledu se vodivé stuhly ukázaly jako výborné řešení pro realizaci elektronických obvodů v textiliích.



Graf 1 Graf závislosti odporu na pracím cyklu

Byla také vyzkoušena funkčnost v mokřém stavu, kdy se připojila elektronika na vestu a probíhalo její zkrápění až do stavu totálního promočení. Opět vše fungovalo bez problému, LED sekce svítily a reagovaly na povely. Nikde nedocházelo ke zkratu. Tato vlastnost se hodí v případě, že je jezdec silně upocený, nebo ho zasáhne lehký déšť. Zatím ale není doporučeno vystavovat vestu silnému dešti, protože je nebezpečí, že by mohla natéci voda do řídicího modulu. Pro takovéto případy by bylo potřeba oba moduly vodotěsně uzavřít.

Dále bylo nutné otestovat, jak dlouho vydrží celý systém světelně signalizovat. V této aplikaci byl v obou modulech instalován akumulátor o kapacitě 900 mAh. To znamená, že dokáže teoreticky dodávat proud 100 mA, pod dobu devíti hodin. Přesnou výdrž

celého systému ale určit nelze, protože proudová spotřeba se mění v závislosti na počtu rozsvícených LED a zda mezi sebou bezdrátové moduly komunikují.

Proudová spotřeba vysílače povelů (TX) je naprosto zanedbatelná. V klidovém stavu, kdy není aktivní vysílání, se pohybuje kolem 4 μA , v případě vysílání povelů je maximální spotřeba 24 mA. Pokud by tedy modul nepřetržitě vysílal, dokázal by vydržet 37,5 hodiny. Většinu času se ale bude nacházet v klidovém stavu, takže se dá výdrž odhadnout v řádech několika set hodin.

Přijímač a budič LED (RX) má střední spotřebu proudu, ve stavu pro příjem signálu, 0,4 mA. Tato hodnota je pro výdrž systému zanedbatelná. Určující je pouze spotřeba rozsvícených LED diod. Pokud jsou všechny sekce rozsvíceny, spotřeba je 156 mA. V tomto stavu vydrží systém teoreticky aktivní zhruba 5 hodin a 45 minut. To se potvrdilo při praktickém testu, kdy začaly LED snižovat svůj jas před dosažením šesti hodin svitu. Při využití v provozu ale nikdy nebudou svítit všechny sekce. Blinkry, tvořené ze čtyř sekcí, blikají pouze v případě odbočování. Brzdové světlo, tvořené ze dvou sekcí, se rozsvítí v případě brždění. Zbývá tedy jedna sekce, koncová blikačka, která jednou za vteřinu krátce problikne. Výdrž bude tedy závislá, jak bude uživatel často brzdit a odbočovat. Lze ale počítat s několika desítkami hodin. V tomto ohledu dopadlo testování také úspěšně, výdrž by se navíc dala prodloužit instalací akumulátoru s vyšší kapacitou.

Nakonec přišla na řadu zkouška v silničním provozu. Testování probíhalo v Hrádku nad Nisou, kde jezdil cyklista po městě a za ním pozorovatel v automobilu. Bylo pozorováno, jak je osvětlení účinné z hlediska signalizace a celkového zviditelnění cyklisty. Během jasného dne nebylo záření na dlouhou vzdálenost tak patrné. Ale ze vzdálenosti několika metrů, kde se nacházel automobil, bylo zřejmé, když se rozsvítla brzdová světla, nebo chtěl cyklista odbočovat. S ubývajícím světlem rostla účinnost systému. V šeru už byla i na větší vzdálenost, cca. 30 metrů, jasně zřejmá všechna signalizační světla. V úplné tmě pak byl cyklista velmi výrazně osvětlen na velmi dlouhou vzdálenost, pohybující se kolem 100 metrů. V tomto ohledu je také systém dostačující.

20. Přímé náklady na výrobu jednoho kusu

Jelikož se dres zatím nachází ve fázi prototypu, není známe, za jakých podmínek se bude vyrábět. Proto není možné vytvořit kompletní kalkulaci nákladů. Pro vytvoření základní představy jsou zobrazeny pouze přímé náklady.

Pro výpočet přímých nákladů bylo počítání s velkoobchodními cenami jednotlivých komponentů. Jejich cena může, se vzrůstajícím počtem objednaných kusů, výrazně klesnout. Je zde počítáno s tím, že cyklistický dres a ovládací elektronika, budou zakoupeny hotové, pracovníci pouze provedou úkony ke kompletaci výrobku.

Přímý materiál

Položka	Množství	Cena Kč
Dres		
Cyklistický dres	1 Ks	400
LED diody zalité	7 sekcí	105
Vodivé stuhy	3 m	125
Sítovina	10 cm ²	5
Níť	20 m	2
Jednožilové vodiče	25 cm	4
Micro USB B	1Ks	15
Smršťovací bužírky	10 cm	10
Konektory	4 páry	20
Druky	8 párů	21
Nažehlovací tkanina	10 cm ²	5
Moduly		
Aku. Li-Pol 900 MAh	2 Ks	260
Bezdrátový modul	2Ks	500
Ovládací obvody	2 Ks	300
Spínače na bicykl	3 Ks	15
Vodiče	1 m	16
Modulové krabičky	2 Ks	60
Celkem 1863 Kč		

Tab. 6 Přímý materiál

Přímé mzdy

Šití kapes a vodivých drah na hotový dres

Švadlena, 30 minut práce, mzda 90 Kč/h

cena - 45 Kč

Letování elektroniky

Elektroniky, 30 minut práce, mzda 100 Kč/h

cena – 50 Kč

Celkem přímé mzdy

95Kč

Celkem přímé náklady

1958 Kč

21. Závěr

Předkládaná diplomová práce se zabývala problematikou na téma „ Aplikace nositelné elektroniky a signalizace na oděvech.“ Práce byla rozdělena na dvě části, teoretickou a experimentální.

Teoretická část se věnovala rešeršnímu zpracování problematiky z oblasti smart textilií, především nositelné elektronice. Nejprve byl vysvětlen samotný pojem, co to jsou smart textilie, poté následovalo jejich rozdělení a byly popsány příklady jednotlivých druhů. Další kapitola se věnovala elektro-textilní platformě, která definuje infrastrukturu propojení těchto dvou složek. Nejrozsáhlejší část rešerše se pak zabývala jednotlivými komponenty, kterými jsou tvořeny smart textilie. Nejdříve byly popsány jednotlivé druhy senzorů, které lze realizovat elektrodami, textilními tlakovými senzory, optickými vlákny, pohybovými snímači, nebo elektronickými čipy. Následoval popis akčních členů, tedy příklady materiálů s tvarovou pamětí, termoregulační členy, nebo materiály s měnící se barvou a barevným svitem. Podrobněji pak byly rozebrány zdroje světla, realizované pomocí polovodičových součástek a optických vláken. Další část se věnovala komunikaci uvnitř smart textilií a komunikaci s okolím, realizované pomocí bezdrátové technologie a vodiči. Posledním popsaným základním komponentem pak byly zdroje energie, tvořené konvenčními akumulátory, nebo pomocí alternativních způsobů. Následně byl představen přehled nejdůležitějších aplikací, nové prototypy a koncepty. Závěrečná kapitola pak popisuje situaci cyklistů v ČR, jejich nehodovost a důvody, proč se jim nehody stávají.

V experimentální části pak bylo cílem vytvořit cyklistický oděv, na kterém dokáží, implementované světelné prvky, signalizovat v silničním provozu. Konkrétně měly tyto prvky dávat znamení při brždění, změně směru jízdy a cyklistu více zviditelnit.

Nejdříve bylo třeba určit, jakou technologií realizovat osvětlení oděvu. Jako nejvhodnější se ukázaly pásy z LED diod, které jsou flexibilní, zároveň pevné a obsahují SMD chipy, které mají výbornou svítivost a vhodné elektronické charakteristiky. Navíc jsou vyráběny varianty s voděodolnou ohranou.

Dále bylo potřeba vytvořit návrh, z jakých dalších součástí se má celý systém skládat. Jako akční členy sloužily výše popsané pásy LED diod. Dále se uvažovalo o jejich rozmístění a volbě počtu použitých sekcí, s ohledem na energetickou náročnost. Pro signalizaci odbočování se použilo dvou oranžových sekcí, na každé straně, které tvořily šipku. Mezi nimi se nacházely dvě spojené sekce, které se rozsvítily při brždění. Pod brzdovým světlem se nacházela další sekce, která stále blikala, podobně jako klasické blikáčky na kole. Jako senzorů bylo použito mikropsínačů a přepínačů, které detekovaly zmáčknutí brzdy, nebo příkaz pro odbočování. Po jejich aktivaci systém vyhodnotí, že se mají rozsvítit příslušné LED. Ovládací procesorová část měla celý systém ovládat. Bylo jí nutné vytvořit ze dvou částí. Jednu umístit na bicykl a napojit na senzory. Druhou pak umístit do oděvu, kde měla za úkol řídit svit LED diod. Pro komunikaci obou řídicích částí musel být ke každé z nich připojen komunikační bezdrátový člen, na vysokých frekvencích, který zajistil jejich datové propojení. Pro interní komunikaci v oděvu, mezi řídicím členem a diodami, bylo zvoleno spojení pomocí vodičů. V poslední fázi návrhu se řešil přívod elektrické energie. Jako nejvhodnější se zdálo použití Li-pol akumulátorů, díky jejich malým rozměrům a velké kapacitě.

Po vyjasnění, z jakých komponentů se má systém skládat, přišla na řadu tvorba jednotlivých částí. Nejdříve bylo potřeba vytvořit vhodný návrh, jak připevnit pásy s LED diodami na oděv. Po vyzkoušení několika možností, se jako nevhodnější zdála varianta tvorby kapes, z průhledné síťoviny, jež z rubní strany obsahovaly knoflíkovou díru. Síťovina, na lící straně, propouštěla světlo, skrze knoflíkovou díru bylo možné pásy do kapes zasunovat a vést jimi kontakty. Kapsy výborně ochránily pásy před utržením a celková kvalita uchycení se zdála výborná. Dále bylo nutné vyřešit, jakým způsobem realizovat interní propojení vodiči. Po provedených pokusech, při praní a následné kontrole funkčnosti, se jako nejlepší variantami zdálo použití jednožilových elektronických vodičů a speciálních vodivých stuh. Následně byly vybírány postupy,

jakým způsobem vodiče, uvnitř oděvu, propojit s LED diodami a řídicím modulem. Proto tuto funkci sloužily dvoupinové slaboproudé konektory, konektor micro USB B a vodivé oděvnické druky. Samotnou řídicí elektroniku realizovala katedra oděvnictví, která zajistila její návrh a výrobu. Skládala se ze dvou modulů, kde každý z nich obsahoval řídicí obvod, bezdrátový komunikační člen a akumulátor. Řídicí obvody se v modulech lišily, jeden z nich zajišťoval sběr dat ze senzorů, druhý pak distribuoval napájení k jednotlivým LED sekcím. Akumulátory a komunikační jednotky obsahovaly oba moduly stejné, jednalo se o Li-pol YOKU o kapacitě 900 mAh a vysokofrekvenční obvody K-52 AB.

Po nalezení vhodných komponentů následovala výroba prototypů. První prototyp obsahoval kapsy se síťovinou, LED pásy s dvoupinovými konektory. V tričku pak byly našité tunýlky, jimiž vedly jednožilové vodiče, na jedné straně ukončené protikusy dvoupinových konektorů a na druhé straně micro USB konektorem. Již při oblékání ale došlo k destrukci vnitřních obvodů, utržení, nebo rozpojení konektorů. Při výrobě druhého prototypu byly jednožilové vodiče nahrazeny vodivými stuhami. Vodivé ukončení stuh tvořily oděvnické druky. Protikusy druků se pak umístily na LED pásy, čímž vzniklo vodivé rozebíratelné spojení. Dvoupinové konektory tak návrh vůbec neobsahoval. Pásy LED byly navíc na jedné straně zality do polymeru, který chránil jejich kontakty před utržením a vniknutím vody. Zbytek konstrukce zůstal zachován, pouze se náročněji realizovalo ukončení stuh do micro USB B konektoru, kde bylo potřeba použít více vrstev teplem smršťovací bužírky. Při testování mechanické odolnosti nedošlo během nošení k žádným problémům, obvody zůstaly funkční a tričko dokázalo signalizovat. Vodivé spojení druků se ale nezdálo ideální. Druky šly po letování špatně rozepínat a ani přenos proudu nebyl ideální. Proto následovala výroba dalšího prototypu, tentokrát ve formě vesty, kde měly být problémy s konektory vyřešeny. Konstrukce ostatních částí zůstala zachována, pouze se řešilo konektorové spojení stuh a LED pásků, pomocí kombinace druků a dvoupinových konektorů. Pomocí druků byly vodivé stuhy přilisovány k oděvu a tím pevně ukončeny, z druků pak vedly krátké kousky vodičů, ukončené dvoupinovými konektory. Toto spojení již dokázalo kvalitně přenášet proud a zároveň šlo snadno rozepínat. Mechanické testy dopadly dobře, odvody zůstaly funkční i během nošení a jízdy na bicyklu. Proto se přistoupilo k dalšímu testování.

Při následném důkladnějším testování bylo potřeba prověřit, jestli vnitřní obvody vydrží funkční po několika cyklech praní a jak se změní elektrický odpor vodičů. Praní se provádělo bez pásků LED diod a řídicího modulu. Pralo se při standardním cyklu, v síťce, celkem desetkrát, elektrický odpor byl měřen po jednom praní, po třech, šesti a po desíti praních. Systém zůstal funkční po všech cyklech. Elektrický odpor se zvýšil pouze nepatrně. Po prvních cyklech došlo k jeho nepatrnému zvýšení, následně se ale odpor výrazně nezvyšoval. V těchto testech prototyp obstál. Pro zajímavost byl prototyp ještě vyprán s neodpojenými LED pásky, kdy opět nedošlo k destrukci.

Všechny cíle práce se podařilo úspěšně splnit, literární rešerše obsahuje přehled problematiky, týkající se smart textilií a integrace elektroniky do oděvu. V experimentální části se pak podařilo vytvořit oděv, v němž je integrována elektronika se světelnou signalizací. Světla jsou optimálně umístěna a uchycena. Oděv dokáže plnit svojí signalizační funkci v silničním provozu a zvyšuje tak bezpečnost cyklistů. Celá struktura bez problému odolá při běžných podmínkách používání a údržbě v pračce.

Pro další postup bych doporučil vývoj nových ovládacích modulů, jejichž výrobní cena nebude tak vysoká a konstrukce méně složitá. Dále by měly být tyto moduly vodotěsně uzavřeny, aby do nich nezatekla voda, pokud by cyklista silně promokl. Celou elektroniku je pak třeba instalovat do cyklistického dresu, který bude vyroben z kvalitních materiálů. Cestou, jak také zlevnit a zjednodušit celý návrh, by mohl být vývoj systému, který bude obsahovat ovládací a senzorické prvky, integrované přímo v dresu. Tímto by odpadla nutnost používat dva moduly, stačil by jeden. Nebylo by také potřeba používat bezdrátové komunikační členy, které tvoří nejdražší položku. O detekci brždění by se mohl automaticky starat akcelerometr a pro ovládání blinkrů lze integrovat tlačítka, nebo podobné prvky, do rukávů v dresu.

Použitá literatura

- [1] TAO, Xiaoming. *Intelligent textiles and clothing: technology and applications*. Editor H Mattila. Cambridge: Woodhead, 2006, 506 s. ISBN 18-456-9005-2.
- [2] TAO, Xiaoming. *Wearable electronics and photonics: technology and applications*. Editor H Mattila. Boca Raton FL: CRC Press, 2005, 250 s. ISBN 08-493-2595-1.
- [3] CHO, Gilsoo. *Smart clothing: technology and applications*. Editor H Mattila. Boca Raton, FL: CRC Press, 2010, 275 s. ISBN 978-142-0088-526.
- [4] VINCENZINI, P a Rita PARADISO. *Smart textiles: "smart textiles" : proceedings of the focused session A-11 "smart textiles" of symposium A "Smart materials and micro/nanosystems", held in Acireale, Sicily, Italy, June 8-13 2008 as part of CIMTEC 2008 - 3rd International conference "Smart materials, structures and systems"*. UK: Trans Tech Publications Ltd, c2009, 180 s. ISBN 39-081-5826-5.
- [5] ANNALISA BONFIGLIO, Danilo De Rossi. *Wearable monitoring systems*. 1. ed. New York: Springer. ISBN 978-144-1973-832.
- [6] NUGENT, Chris D. *Personalised health management systems: the integration of innovative sensing, textile, information and communication technologies*. Washington, DC: IOS Press, c2005, 236 s. ISBN 15-860-3565-7.
- [7] INSTITUTE, Ed. by L. Van Langenhove. The Textile. *Smart textiles for medicine and healthcare: materials, systems and applications*. 1. ed. Boca Raton, Fla. [u.a.]: CRC Press, 2007. ISBN 978-142-0044-485.
- [8] TAO, Xiaoming. *Smart fibres, fabrics and clothing: technology and applications*. Editor H Mattila. Cambridge, England: Woodhead Pub., 2001, 316 s. ISBN 18-557-3546-6.

- [9] GRATAN, K a B MEGGITT. *Optical fiber sensor technology: advanced applications : Bragg gratings and distributed sensors*. Boston: Kluwer Academic, c2000, 385 s. ISBN 07-923-7946-2.
- [10] Optická vlákna jako snímače teplot a deformací a jejich aplikace v chytrých konstrukcích. In: RŮŽIČKA, Radek. *Fakulta dopravní, ČVUT* [online]. 14. 5. 2006 [cit. 2011-10-12]. Dostupné z: http://filip.fd.cvut.cz/vyuka/tps/ruzicka_opticka_vlakna.pdf
- [11] Doleček J.-3. díl Optoelektronika optoelektronické prvky a optická vlákna Praha 2005, ISBN 80-7300-184-5
- [12] State of the art in Smart Textiles and Interactive Fabrics. In: *Mateo* [online]. © 2006 [cit. 2011-09-08]. Dostupné z: www.mateo.ntc.zcu.cz/doc/State.doc
- [13] DEYLE, Travis. Electroactive Polymers (EAP) as Artificial Muscles (EPAM) for Robot Applications. In: *Hizook* [online]. 28. 12. 2009 [cit. 2011-11-07]. Dostupné z: <http://www.hizook.com/blog/2009/12/28/electroactive-polymers-eap-artificial-muscles-epam-robot-applications>
- [14] H-D® Heated Clothing. *Gateway Harley* [online]. © 2012 [cit. 2011-10-19]. Dostupné z: <http://gatewayharley.blog.com/2011/11/07/need-more-riding-time-extend-it-with-h-d%C2%AE-heated-clothing/>
- [15] In-Fiber. *Outlast* [online]. © 2012 [cit. 201-09-23]. Dostupné z: <http://www.outlast.com/en/applications/fiber/>
- [16] RONDA, Edited by Cees a B MEGGITT. *Luminescence From Theory to Applications: advanced applications : Bragg gratings and distributed sensors*. 1. vyd. Weinheim: Wiley-VCH, 2007, 296 s. Stavitel. ISBN 978-352-7621-057.
- [17] LAKOWICZ, Joseph R. *Principles of fluorescence spectroscopy*. 3rd ed. New York: Springer, c2006, 954 s. ISBN 03-873-1278-1.

- [18] BAMFIELD, P a Michael G HUTCHINGS. *Chromic phenomena: technological applications of colour chemistry*. Cambridge, c2010. ISBN 18-475-5868-2.
- [19] Kolorimetrie funkčních barviv. In: VIKOVÁ, Martina. *Fakulta textilní, Technická univerzita v Liberci* [online]. 2009 [cit. 201-08-16]. Dostupné z: http://www.ft.tul.cz/depart/ktc/sylaby/Textilni_Fyzika/Kolorimetrie%20funk%C4%8Dn%C3%ADch%20barviv.pdf
- [20] SolarActive® Color Changing Screen Printing Inks. *Solar Active* [online]. © 2012 [cit. 2011-11-07]. Dostupné z: <http://www.solaractiveintl.com/uv-plastisol-screen-printing-and-transfer-inks-ezp-7.html>
- [21] *Fashioningtech* [online]. 23. 9. 2009 [cit. 2011-11-07]. Dostupné z: <http://www.fashioningtech.com/profiles/blogs/pattern-and-form-shifting>
- [22] Colour changing fabrics. *RSC Publishing* [online]. 13. 10. 2010 [cit. 201-11-07]. Dostupné z: http://www.rsc.org/Publishing/ChemTech/Volume/2010/11/colour_changing_fabrics.asp
- [23] KESL, Jan. *Elektronika*. 2., aktual. a rozšř. vyd. Praha: BEN - technická literatura, 2004, 143 s. ISBN 80-730-0143-8.
- [24] HELD, Gilbert. *Introduction to light emitting diode technology and applications*. Reprinted. Boca Raton: CRC Press, 2009, 170 s. ISBN 978-1-4200-7662-2.
- [25] Polovodiče - diody a tranzistory. *GymCV* [online]. 14. 9. 2005 [cit. 2012-10-26]. Dostupné z: <http://www.gymcv.cz/view.php?cisloclanku=2005090001>
- [26] Electronic Components. *Futurlec* [online]. © 2012 [cit. 2011-10-27]. Dostupné z: http://www.futurlec.com/Laser_Diode.shtml

- [27] DOLEČEK, Jaroslav a B MEGGITT. *Moderní učebnice elektroniky: advanced applications : Bragg gratings and distributed sensors*. Praha: BEN - technická literatura, 2005, 154 s. ISBN 80-730-0184-5.
- [28] Fibre Optic Fabric. *Star Scape* [online]. © 2011 [cit. 2012-09-02]. Dostupné z: http://www.starscape.co.uk/fibre_optic_fabric.html
- [29] HAVELKA, Antonín, Milan BAXA. *Smart Clothing: 7th Textile Science 2010*, Technical University in Liberec, 2010, Czech Republic, ISBN 978-80-7372-635-5
- [30] Conductive Ribbon. *Ohmatex* [online]. © 2012 [cit. 2011-29-27]. Dostupné z: http://www.ohmatex.dk/indhold.php?page_id=38
- [31] E-Textiles. *Sparkfun* [online]. © 2012 [cit. 2011-10-14]. Dostupné z: <http://www.sparkfun.com/products/8544>
- [32] GOLDSMITH, Andrea a Michael G HUTCHINGS. *Wireless communications: technological applications of colour chemistry*. 1st ed. Cambridge: Cambridge University Press, 2005, 644 s. ISBN 978-0-521-83716-3.
- [33] QUASCHNING, Volker a B MEGGITT. *Obnovitelné zdroje energií: advanced applications : Bragg gratings and distributed sensors*. 1. vyd. Praha: Grada, 2010, 296 s. Stavitel. ISBN 978-80-247-3250-3.
- [34] Fotovoltaický jev. In: *Skupina ČEZ* [online]. © 2011 [cit. 2011-11-23]. Dostupné z: <http://www.cez.cz/edee/content/microsites/solarni/f8.htm>
- [35] JAYARAMAN, Sundaresan, Paul KIEKENS a Ana Marija GRANCARIC. *Intelligent textiles for personal protection and safety: "smart textiles"*. Washington, D.C.: IOS Press, c2006, 147 s. ISBN 15-860-3599-1.

- [36] Smart Clothing. *Stanford University* [online]. © 2010 [cit. 2011-11-05].
Dostupné z:
<http://ldt.stanford.edu/~jeepark/jeepark+portfolio/cs147hw8jeepark.html>
- [37] EDITED BY A.R. HORROCKS, Edited by A.R.S. *Handbook of technical textiles*. Reprinted. Cambridge, England: Woodhead Pub., in association with the Textile Institute, 2000. ISBN 18-557-3385-4.
- [38] *LumiGram* [online]. © 2011 [cit. 2011-10-08]. Dostupné z:
<http://www.lumigram.com/catalog/index.php>
- [39] Smart Textiles Products. *ProEtex* [online]. 4. 9. 2009 [cit. 2011-10-08].
Dostupné z:
<http://www.proetex.org/final%20proetex%20learning/heat%20and%20temperature.htm>
- [40] Electroluminescent textiles. *Talk 2 My Shirt* [online]. 18. 10. 2009 [cit. 2011-10-09]. Dostupné z: <http://www.talk2myshirt.com/blog/archives/2777>
- [41] *Citada* [online]. © 2011 [cit. 2011-12-06]. Dostupné z: <http://www.citala.com/>
- [42] V Plzni vyrábějí chytré oblečení. Umí volat i nabíjet. *Technet* [online]. 16. 6. 2008 [cit. 2011-12-06]. Dostupné z: http://technet.idnes.cz/v-plzni-vyrabeji-chytre-obleceni-umi-volat-i-nabijet-fy9-/tec_technika.aspx?c=A080617_144151_tec_technika_vse
- [43] Specifická problematika bezpečnosti cyklistů. *Observační bezpečnosti silničního provozu* [online]. © 2012 [cit. 2011-12-10]. Dostupné z:
<http://www.czrso.cz/index.php?id=54>

- [44] Statistická ročenka dopravních nehod za rok 2010. *Policie České republiky* [online]. © 2011 [cit. 2011-12-10]. Dostupné z: <http://www.policie.cz/clanek/statisticka-rocenka-dopravnich-nehod-za-rok-2010.aspx>
- [45] MIZEROVÁ, Lucie. *Tvorba vodivých drah u sportovních smart oděvů*. Liberec, 2011. Diplomová práce. Technická univerzita v Liberci. Vedoucí práce Doc. Ing. Antonín Havelka, CSc.

Seznam obrázků, tabulek a příloh

Obrázky

Obr. 1 Makroplatforma a mikroplatforma [3]	13
Obr. 3 Schéma textilního tlakového senzoru [3].....	17
Obr. 4 a) vnější senzor b) vnitřní senzor [10]	18
Obr. 5 Senzory z opt. vl. a) štěrbinový senzor b) s totálním vnitřním odrazem [10]....	20
Obr. 6 Záření černého tělesa [10].....	20
Obr. 7 Pohybový senzor, deformace vodivé pleteniny [3]	21
Obr. 8 Teplotní přechody v NiTi materiálu [1].....	24
Obr. 9 Deformace EAP po uzavření elektrického obvodu. [13].....	25
Obr. 10 Vyhřívání motorkářská bunda od firmy Harley Davidson a) bunda	26
Obr. 11 Enkapsulovaný materiál ve vláknech od firmy Outlast [15].....	27
Obr. 12 Tričko s fotochromním potiskem před vystavení UV a po vystavení UV [20] ..	30
Obr. 13 Tkanina s termochromní úpravou, před a po reakci s lidským teplem [21]	31
Obr. 14 Elektrochromní tkanina před a po uzavření elektrického obvodu [22]	32
Obr. 15 a) funkce P-N přechodu b) LED dioda v SMD provedení [25][26].....	34
Obr. 16 Laserová dioda [26]	35
Obr. 17 Tkanina vytvořená ze stranově vyzařujících optických vláken [28]	36
Obr. 18 Optické vlákno a) konstrukce b) průchod světla [11].....	37
Obr. 19 Vodivá stuha [30]	39
Obr. 20 Vodivá polymerní niť, se stříbrným povlakem [21]	40
Obr. 21 Natištěné vodivé dráhy [3]	40
Obr. 22 Fotovoltaický jev [34].....	43
Obr. 23 GWTM a) schéma b) reálná podoba [36]	46
Obr. 24 a) textilní luminiscenční displej b) podprsenka z optických vláken [40][38]	47
Obr. 25 Bunda s integrovaným mp3 přehrávačem a ovládáním na rukávu [42]	49
Obr. 26 Pásky LED diod.....	52
Obr. 27 Schéma sérioparalelního zapojení LED diod.....	53
Obr. 28 Schéma rozmístění LED diod	54
Obr. 29 a) mikropsínač do brzd b) přepínač pro odbočování	55
Obr. 31 Jednožilové vodiče uvnitř struktury trička.....	61
Obr. 32 Schéma vodivé stuhy	62
Obr. 33 Elektronické konektory použité v oděvu (dvoupinový, micro USB b)	64
Obr. 34 Spojení druky a) sestava b) realizace	65
Obr. 35 a) akumulátor b) nabíječka.....	66

Obr. 36 Bezdrátový komunikační člen.....	67
Obr. 37 Řídící moduly a) vysílač na bicyklu b) přijímač v oděvu.....	69
Obr. 38 Kapsy pro LED pásy (částečně rozpáraná pro lepší názornost).....	70
Obr. 39 Přišité tunýlky pro vedení vodičů.....	70
Obr. 40 Konektorové spojení a) micro USB b) dvoupinový konektor v LED pásku	71
Obr. 41 Rozsvícené sekce a) rukáv b) záda	72
Obr. 42 Upravený konec s kontakty na pásku LED diod	73
Obr. 43 Vodivé stuhy na tričku.....	74
Obr. 44 Konektory z druků a) naletované kontakty ze stuh v druku	75
Obr. 45 Tvorba ukončení na UBB a) obnažené konce stuh b) letování k USB.....	76
Obr. 46 Ukončení vodivé stuh a) sletování s jednožilovým vodičem.....	78
Obr. 47 Prototyp č.3 a) obvody uvnitř oděvu b) překrytí obvodů	79

Tabulky

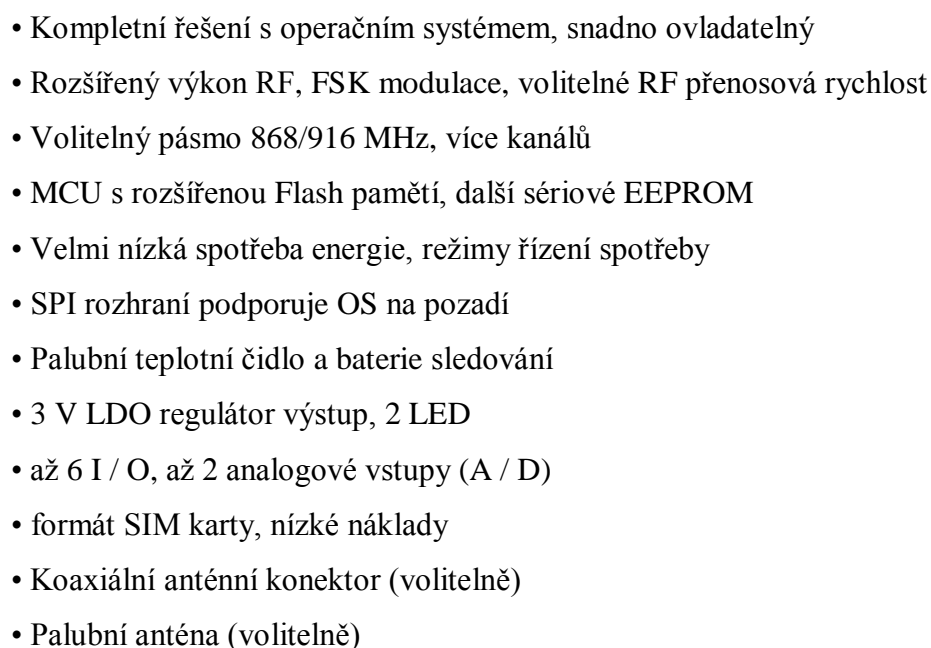
Tab. 1 Přehled jevu zajišťující luminiscenci a změnu barvy [1][8]	28
Tab. 2 Tabulka s možnostmi bezdrátové komunikace [3][32]	41
Tab. 3 Nehody cyklistů za rok 2010 [44]	50
Tab. 4 Příčiny nehod v roce 2010 [44].....	50
Tab. 5 Odporů jednotlivých drah (L – levá, P –pravá, BR – brzda, BL – blikáčka)	80
Tab. 6 Přímý materiál.....	83

Grafy

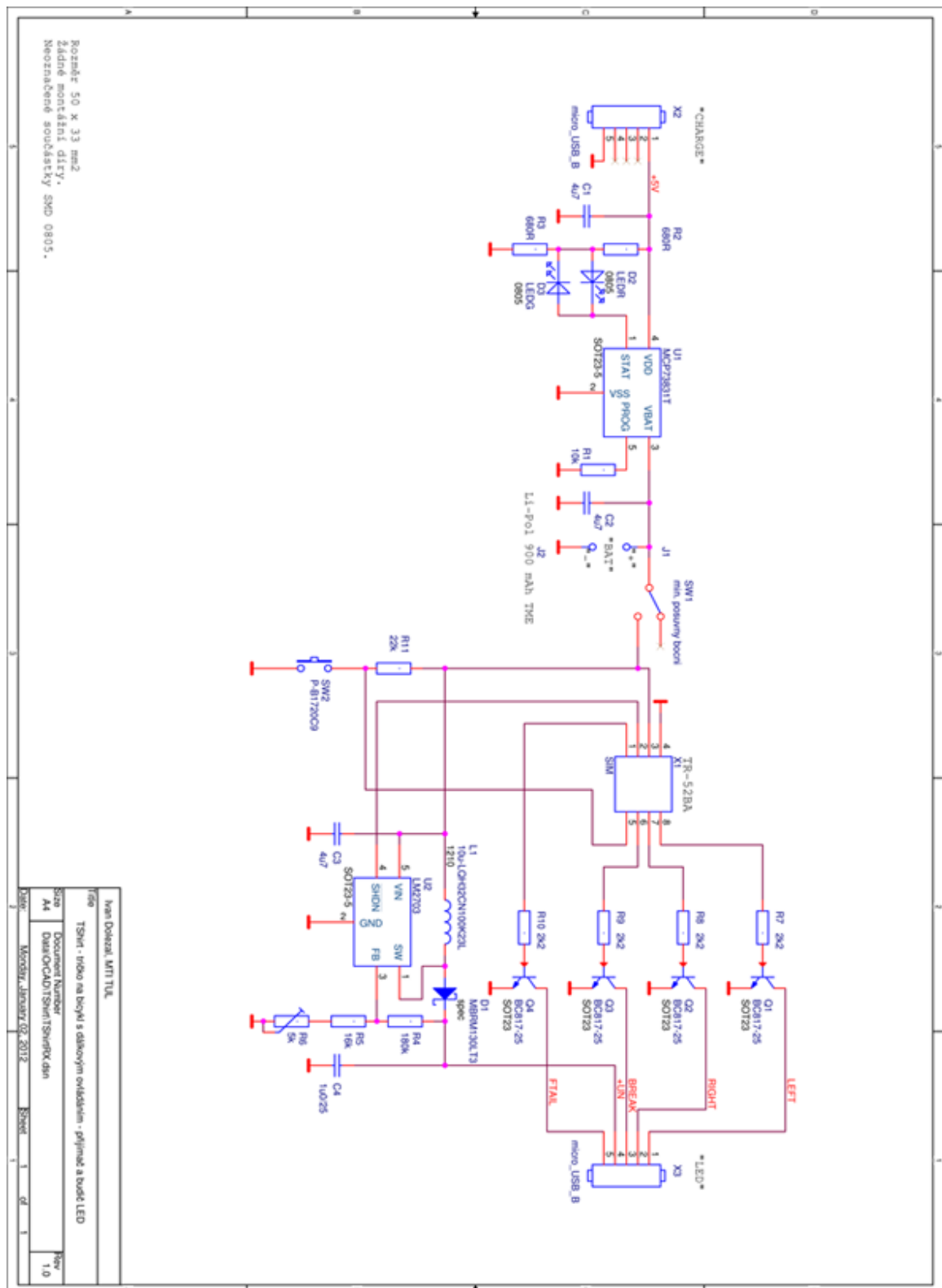
Graf 1 Graf závislosti odporu na pracím cyklu.....	81
--	----

Příloha č. 1

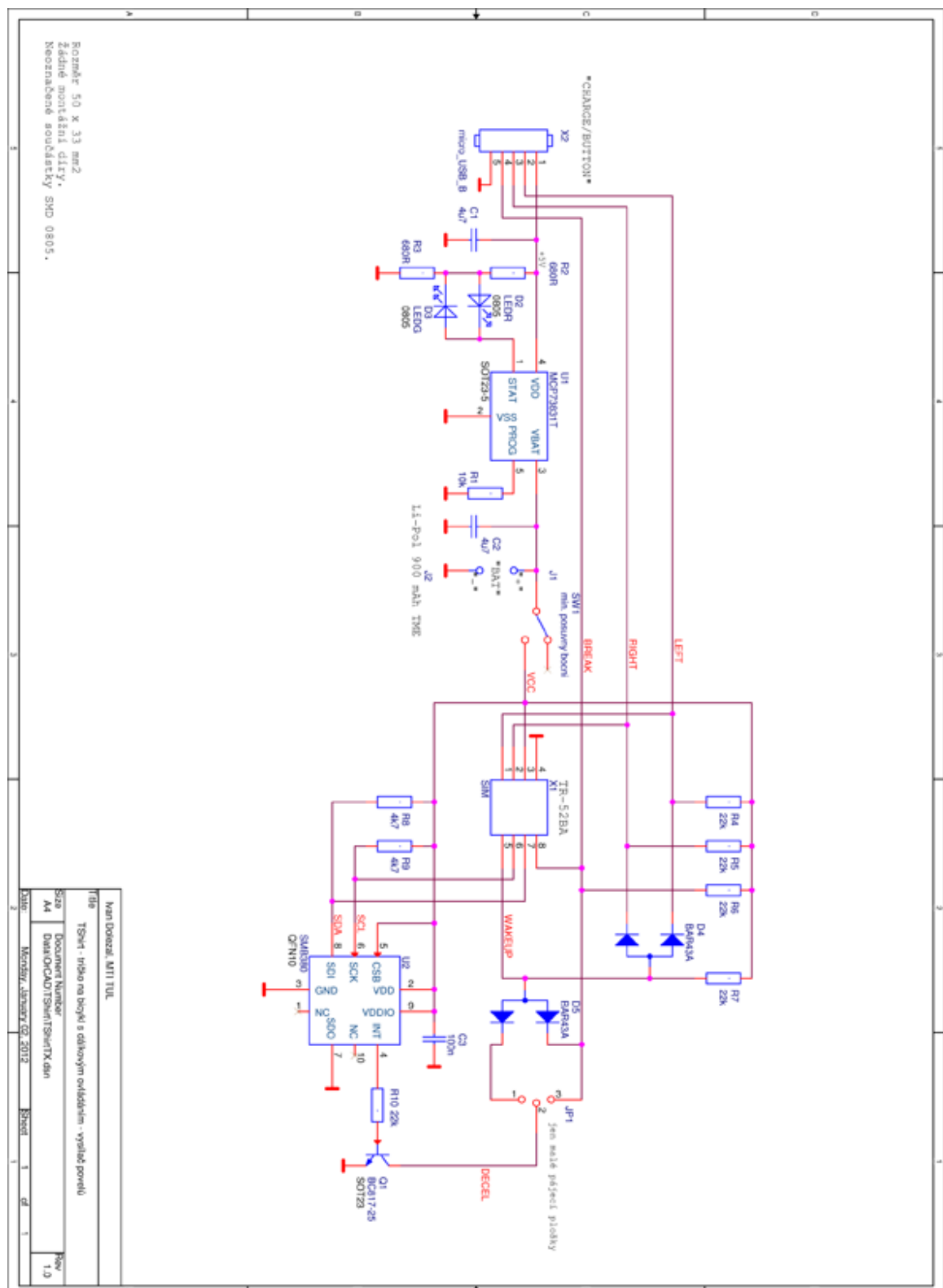
Elektronická schémata součástí tvořící ovládací moduly



Přijímač a budič LED RX



Vysílač TX



Příloha č.2

Použité přístroje pro výrobu a testování

Mikropájka ZD-929B



- Rotační regulace teploty pájecí stanice
- Lineární 12 LED indikace teploty ($^{\circ}\text{C}$ a $^{\circ}\text{F}$)
- Bezpečné, nízké napětí 24V AC
- Integrovaný stojan (lze umístit na levé nebo pravé)
- Síťový on / off vypínačem a pojistkou
- Frekvence - 50Hz
- Příkon - 48W
- Výkon, výkon - 48W
- Teplota, max - 420°C
- Teplota, min - 150°C
- Napětí na vstupu - 230V AC
- Napětí, výstup - 24 V AC

Tavná pistole Extol



Tavící pistole plněná lepící tyčinkou

Max. pracovní teplota: 180 °C

Průměr tyčinky: 11 mm

Max. výkon: 40 W

Napětí: 230V / 50Hz

Materiál tyčinek: Polyetylen

Digitální multimetr MY 61L



Technické parametry

DC napětí = 0,2/2/20/200/1000 V

AC napětí ~ 0,2/2/20/200/750 V

DC proud = 2/20/200 mA, 20 A

AC proud ~ 2/20/200 mA, 20 A

Odpor 200 Ω, 2/20/200 kΩ, 2/20/200 MΩ

Kapacita 20/200 nF, 2/20/200 μF

Zesilovací činitel h21E 0-999

Měření diod 1 mA/3 V max.

Napájení baterie 9 V

Váha 0,32 kg

Pračka Samsung WF-F1062



- Maximální počet otáček za minutu 1000 ot./min.
- Kapacita prádla pro praní 4.50 kg
- Spotřeba energie při praní 60°C 0.86 kWh
- Odhadovaná roční spotřeba energie 172 kWh
- Spotřeba vody při praní 46 l
- Řízení pračky elektronické řízení
- Hlučnost při praní 56 dB(A)
- Hlučnost při ždímání 70 dB(A)
- keramické topné těleso
- LED displej
- 6 základních pracích programů
- máchání+odstředění
- odstředění
- odčerpání vody
- stop po máchání bez odčerpání vody
- Rozměry (v x š x h): 85 x 59,8 x 40,4 cm
- Hmotnost : 62 kg

Šicí stroj Siruba F007J-W122-356/FHA

3-jehlový šicí stroj se spodním a vrchním krytím, rozpích mezi krajními jehlami 5,6mm, s pneumatickým odstřihem řetízku za patkou, vyjmutím střední jehly možnost šít 2-jehlově, nenavlečením horní nitě lze šít jen se spodním krytím, vyjmutím krajních jehel lze šít dvojným řetízkovým stehem (1-jehlově),diferenciální podávání, zvláště oblíbený na šití pletenin jako jsou trička, mikiny apod., komplet s výškově stavitelným stavcem, plnohodnotná deska 55x105cm s ergonomickou přední hranou, měřítkem a odkládací kapsou, spojkový motor se sníženou hlučností 3x380V nebo 1x220V dle přání, zásuvka na nářadí.

Technické parametry:

FHA - vodič na zakládání spodních dělek

FV - pneumatický odstřih řetízku (nutné odsávání řetízku TU)

délka stehu - 1,2 - 4,0mm

max. otáčky - 6000 ot./min.

jehly - UY128 GAS

